

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

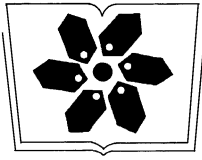
Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 13 期 Vol.31 No.13 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 13 期

2011 年 7 月 (半月刊)

目 次

我国东部北亚热带植物群落季相的时空变化	陈效速, 亓孝然, 阿 杉, 等 (3559)
华北低丘山地人工林蒸散的季节变化及环境影响要素	黄 辉, 孟 平, 张劲松, 等 (3569)
东北东部 14 个温带树种树干呼吸的种内种间变异	许 飞, 王传宽, 王兴昌 (3581)
RS 和 GIS 支持的洪河地区湿地生态健康评价	王一涵, 周德民, 孙永华 (3590)
应用光合色素研究广西钦州湾丰水期浮游植物群落结构	蓝文陆, 王晓辉, 黎明民 (3601)
基于不可替代性的青海省三江源地区保护区功能区划研究	曲 艺, 王秀磊, 栾晓峰, 等 (3609)
融雪时间对大卫马先蒿生长和繁殖特性的影响	陈文年, 吴 彦, 吴 宁, 等 (3621)
巴郎山刺叶高山栎叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 对海拔高度的响应	冯秋红, 程瑞梅, 史作民, 等 (3629)
宁南半干旱与半干旱偏旱区苜蓿草地土壤水分与养分特征	任晶晶, 李 军, 王学春, 等 (3638)
南岭小坑藜蒴栲群落地上部分生物量分配规律	李 根, 周光益, 王 旭, 等 (3650)
放牧对五台山高山、亚高山草甸牧草品质的影响	章异平, 江 源, 刘全儒, 等 (3659)
短期增温对贡嘎山峨眉冷杉幼苗生长及其 CNP 化学计量学特征的影响	羊留冬, 杨 燕, 王根绪, 等 (3668)
锰胁迫对垂序商陆叶片形态结构及叶绿体超微结构的影响	梁文斌, 薛生国, 沈吉红, 等 (3677)
土荆芥挥发油对蚕豆根尖细胞的化感潜力	胡琬君, 马丹炜, 王亚男, 等 (3684)
喀斯特城市杨树人工林微量元素的生物循环	王新凯, 田大伦, 闫文德, 等 (3691)
大兴安岭林区多孔菌的区系组成与种群结构	崔宝凯, 余长军 (3700)
铜绿微囊藻和斜生栅藻非稳态营养盐限制条件下的生长竞争特性	赵晓东, 潘 江, 李金页, 等 (3710)
陆地棉萌发至三叶期不同生育阶段耐盐特性	王俊娟, 王德龙, 樊伟莉, 等 (3720)
基于模式生物秀丽隐杆线虫的三丁基锡生态毒性评价	王 云, 杨亚楠, 简风雷, 等 (3728)
大庆油田石油开采对土壤线虫群落的影响	肖能文, 谢德燕, 王学霞, 等 (3736)
若尔盖高寒草甸退化对中小型土壤动物群落的影响	吴鹏飞, 杨大星 (3745)
洞庭湖湿地土壤环境及其对退田还湖方式的响应	刘 娜, 王克林, 谢永宏, 等 (3758)
渭北旱塬苹果园地产量和深层土壤水分效应模拟	张社红, 李 军, 王学春, 等 (3767)
黄土丘陵区不同土地利用下土壤释放 N_2O 潜力的影响因素	祁金花, 黄懿梅, 张 宏, 等 (3778)
东北中部地区水稻不同生育时期低温处理下生理变化及耐冷性比较	宋广树, 孙忠富, 孙 蕾, 等 (3788)
硫对成熟期烤烟叶绿素荧光参数的影响	朱英华, 屠乃美, 肖汉乾, 等 (3796)
高温强光对温州蜜柑叶绿素荧光、D1 蛋白和 Deg1 蛋白酶的影响及 SA 效应	邱翠花, 计玮玮, 郭延平 (3802)
覆膜对土壤-莴苣体系氮素分布和植物吸收的影响	李丽丽, 李非里, 刘秋亚, 等 (3811)
基于空间分带的崇明东滩水鸟适宜生境的时空动态分析	范学忠, 张利权, 袁 琳, 等 (3820)
驯鹿对苔藓植物的选择食用及其生境的物种多样性	冯 超, 白学良 (3830)
北京城市绿地调蓄雨水径流功能及其价值评估	张 彪, 谢高地, 薛 康, 等 (3839)
专论与综述	
冻土甲烷循环微生物群落及其对全球变化的响应	倪永清, 史学伟, 郑晓吉, 等 (3846)
哺乳动物毛被传热性能及其影响因素	郑 雷, 张 伟, 华 彦 (3856)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 304 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 33 * 2011-07	



封面图说: 滇金丝猴是我国特有的世界珍稀动物之一, 属国家一级重点保护物种。仅生活在滇藏交界处的高寒云冷杉林中, 是我国川、滇、黔三种金丝猴中唯一具有和人类一样美丽红唇的金丝猴。手中的松萝是它最喜爱的食物之一。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

朱英华,屠乃美,肖汉乾,张国. 硫对成熟期烤烟叶绿素荧光参数的影响. 生态学报, 2011, 31(13): 3796-3801.

Zhu Y H, Tu N M, Xiao H Q, Zhang G. Effect of sulfur on chlorophyll fluorescence of flue-cured tobacco at maturation stage. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(13): 3796-3801.

硫对成熟期烤烟叶绿素荧光参数的影响

朱英华¹, 屠乃美^{2,3,*}, 肖汉乾³, 张 国⁴

(1. 安徽农业大学农学院, 合肥 230036; 2. 湖南农业大学农学院, 长沙 410128;

3. 中国烟草中南农业试验站, 长沙 410128; 4. 安徽皖南烟叶责任有限公司, 宣城 242000)

摘要:通过溶液培养法研究了硫(0.01—32 mmol/L)对成熟期烤烟叶绿素含量和叶绿素荧光参数的影响。结果表明,叶绿素 a 和叶绿素 b 含量随硫浓度的升高而逐渐增加,成熟期烤烟叶绿素 a/b 没有规律性变化。在 2—32 mmol/L 处理之间,烤烟叶片的有效光化学量子产量(EQY)、最大量子产量(F_v/F_m)、光合电子传递速率(ETR)随硫浓度增加而降低,非光化学猝灭(NPQ)、非光化学过程中的基本量子产量(F_o/F_m)、PS II 水裂解端失活程度(F_o/F_v)和 PS II 反应中心关闭程度($1-qP$)随硫浓度增加而升高,2 mmol/L 处理的质体醌库($F_v/2$)低于 0.01 和 4 mmol/L 处理,但高于 8—32 mmol/L 处理。0.01 mmol/L 处理烤烟的 EQY 和 ETR 低于 2—8 mmol/L 处理,但高于 16 mmol/L 和 32 mmol/L 处理;其 F_v/F_m 低于 2 和 4 mmol/L 处理,与 8 和 16 mmol/L 处理差异不大,都高于 32 mmol/L 处理;其 F_o/F_m 、 F_o/F_v 和 $1-qP$ 与 F_v/F_m 变化趋势相反;0.1 mmol/L 处理的 NPQ 明显高于 2—4 mmol/L 处理并且辐射强度在 $0-500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间高于 8—32 mmol/L 处理,当辐射强度超过 $500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 后低于 8 和 16 mmol/L 处理。0.01 mmol/L 处理烤烟 EQY、 F_v/F_m 和 ETR 的降低可能不是由 $F_v/2$ 引起的,而是由于 $1-qP$ 升高引起的;但 16 mmol/L 和 32 mmol/L 处理 F_v/F_m 、ETR、EQY 降低可能是 $1-qP$ 与 $F_v/2$ 共同作用的结果。

关键词:烤烟;硫;叶绿素荧光;叶绿素含量;成熟期

Effect of sulfur on chlorophyll fluorescence of flue-cured tobacco at maturation stage

ZHU Yinghua¹, TU Naimei^{2,3,*}, XIAO Hanqian³, ZHANG Guo⁴

1 College of Agronomy, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China

2 College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China

3 Tobacco Agricultural Experiment Station of Central-South China, Changsha 410128, China

4 Tobacco Leaf Company of Wannan, Xuancheng 242000, China

Abstract: A hydroponic experiment was carried out to study the effects of different concentrations of sulfur (0.01—32 mmol/L) on chlorophyll contents and chlorophyll fluorescence parameters of flue-cured tobacco leaves at maturation stage. Chlorophyll a and chlorophyll b contents of flue-cured tobacco leaves at maturation stage gradually increased with increasing concentrations of sulfur, but differences among the treatments were not significant. Chlorophyll a/b values of flue-cured tobacco leaves at maturation stage had no regular change but chlorophyll a/b values in the 0.01—8 mmol/L concentrations of sulfur were slightly higher than those in the 16 and 32 mmol/L concentrations of sulfur. As the sulfur concentration increasing from 2 to 32 mmol/L, there were decreases in the effective quantum yield (EQY), the maximum quantum yield of PS II photochemistry in the dark-adapted state (F_v/F_m), and the photosynthetic electron transport rate (ETR) of flue-cured tobacco leaves at maturation stage, but increases in nonphotochemical quenching (NPQ), basal quantum yield of nonphotochemical quenching (F_o/F_m), PS II water-splitting apparatus inactivation (F_o/F_v), and the degree of reaction

基金项目:国家烟草局和湖南省烟草局资助项目(05.02)

收稿日期:2010-12-28; 修订日期:2011-04-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: tnm505@163.com

center closure ($1-qP$). The plastoquinone pool ($F_v/2$) of flue-cured tobacco leaves at maturation stage in the 2 mmol/L concentration of sulfur was lower than that in the 4 mmol/L concentration of sulfur but higher than those in the 8—32 mmol/L concentrations of sulfur. The curves of $F_v/2$ of flue-cured tobacco in 8—32 mmol/L concentrations of sulfur were almostly overlapped. The EQY , and ETR of flue-cured tobacco leaves at maturation stage in the 0.01 mmol/L concentration of sulfur were lower than those in the 2—8 mmol/L concentrations of sulfur, but higher than those in the 16—32 mmol/L concentrations of sulfur. The F_v/F_m of flue-cured tobacco leaves at maturation stage in the 0.01 mmol/L concentration of sulfur was lower than those in the 2—4 mmol/L concentrations of sulfur but higher than that in the 32 mmol/L concentration of sulfur. There were not significantly different in the F_v/F_m among the 0.01, 8 and 16 mmol/L concentration of sulfur. The curves of $1-qP$, F_o/F_m and F_o/F_v of flue-cured tobacco leaves at maturation stage in the 0.01 mmol/L concentration of sulfur were intertwined with 8 and 16 mmol/L concentrations of sulfur and higher than those in the 2—4 mmol/L concentrations of sulfur but lower than those in the 32 mmol/L concentration of sulfur. The NPQ of flue-cured tobacco leaves at maturation stage in the 0.01 mmol/L concentration of sulfur were significantly higher than those in the 2—4 mmol/L concentrations of sulfur. Similarly, the NPQ in the 0.01 mmol/L concentration of sulfur was higher than those in the 8—32 mmol/L concentrations of sulfur at photosynthetic active radiation (PAR) range 0—500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ but lower than those in 8 and 16mmol/L concentrations of sulfur at photosynthetic active radiation over 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. The $F_v/2$ of flue-cured tobacco leaves at maturation stage in the 0.01 mmol/L concentrations of sulfur was lower than that in the 4 mmol/L concentration of sulfur, but higher than those in the 2 mmol/L and the 8—32 mmol/L concentrations of sulfur. These results suggested that the decreases in the EQY , F_v/F_m , and ETR of flue-cured leaves at maturation stage in the 0.01 mmol/L concentrations of sulfur did not result from a decreased plastoquinone pool, but from an increase in the degree of reaction center closure. In the 16—32 mmol/L concentrations of sulfur, the decreases in EQY , F_v/F_m , and ETR resulted from a combination of increased degree of reaction center closure and a decreased plastoquinone pool.

Key Words: flue-cured tobacco; sulfur; chlorophyll fluorescence; chlorophyll content; maturation stage

成熟度是烟叶质量的核心,充分成熟的烟叶不仅易于烘烤,烤后烟叶外观质量高,而且醇化效果好,香气量足,吃味好^[1]。施肥水平是影响烤烟成熟度的重要因素之一,低硫使烟叶提前落黄但现蕾期推迟,过量供硫则不能使烤烟现蕾和适时落黄^[2]。硫是铁硫蛋白(FeS)和铁氧还蛋白(Fd)的组分,参与光合电子传递^[3],并且以硫脂形式构成叶绿体基粒片层^[4]。植物叶绿素荧光作为“无损伤探针”被广泛运用于植物光合生理及植物与逆境胁迫关系的研究^[5-8]。缺硫使脐橙初始荧光、光化学效率、最大荧光和电子传递速率显著降低^[9-10],适量供硫促进团棵期烤烟光合电子传递、光化学有效量子产量和光化学猝灭的上升,过量供硫促进非光学猝灭的升高^[11]。但硫对成熟期烤烟光合机构状况的影响罕见报道,本研究通过溶液培养法,控制体系一定的 pH 值和养分离子浓度,通过测定硫胁迫下成熟期烤烟叶片的叶绿素荧光参数,以期对成熟期烤烟的硫营养需求及对硫胁迫的响应做一些探讨。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2007 年 1 月至 8 月在湖南农业大学烟草科研基地进行,供试材料为烤烟品种 K326,采用漂浮育苗,待长到 7 叶 1 心时,选取生长一致的健壮幼苗移栽至带定植篮(高 9 cm)深为 30 cm、上内径为 25 cm、下内径为 16 cm 的塑料桶内。采用溶液培养法,硫处理营养液以 Hoagland 为基础,加入 Arnon 微量元素液。试验设 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 (0.01、2、4、8、16、32 mmol/L)等 6 个处理,每个处理 25 盆。除陪伴离子钠浓度不同外, NO_3^- 和 NH_4^+ 、 H_2PO_4^- 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 等所有处理都相同,分别为 17、1、6、4、2、0.02 mmol/L,其它微量元素也相同。培养初期,营养液每 7 d 换 1 次,旺盛生长期每 5 d 换 1 次,每天通气,并添加蒸馏水至相同体积。新换营养液 pH 值均调至 6.0—6.2 之间。

1.2 测定项目和方法

1.2.1 叶绿素测定

采用乙醇浸提,分光光度法测定各处理叶绿素含量^[12]。

1.2.2 叶绿素荧光参数

叶绿素荧光参数的测定采用德国生产的便携式脉冲调制叶绿素荧光仪(PAM. 2000, Walz),在烤烟移栽后 80 d 选取见光一致的倒数第 5 片叶测量荧光诱导动力学参数。叶片荧光测量由电脑控制,测定方法参照 Ralph^[13]的方法,具体步骤为:将叶片暗适应 30 min,打开测量光并打开光化光,适应 20 s 后打开饱和脉冲光,升高光化光强,适应 20s 后再打开饱和光,如此重复 12 次,光合有效辐射(PAR)强度分别为 1,21,41,76,134,205,249,298,371,456,581,726 μmol 光子/($\text{m}^2\cdot\text{s}$)。每处理测定 3 株,取平均值。

1.2.3 数据分析

采用 SPSS12.0 统计软件对数据进行 One-Way ANOVA 方差分析,采用 Duncan 法进行多重比较。有效光化学量子产量由 $EQY = (F_m' - F) / F_m'$ 计算;光化学电子传递速率通过光系统 II 的量子产量和光合有效辐射(PAR)的强度来计算:光合电子传递速率 $ETR = 0.5 \cdot \phi\text{PS II} \cdot \text{PAR} \cdot 0.84 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,式中的 0.5 代表传递一个电子需要吸收 2 个光子,0.84 表示入射到叶片的光能仅有 84% 被吸收,并采用非线性回归进行曲线拟合,快速光曲线拟合采用公式 $P = P_m \cdot (1 - \exp(a \cdot \text{PAR}/P_m)) \cdot \exp(b \cdot \text{PAR}/P_m)$ 进行;光化学猝灭(qP)计算公式 $qP = (F_m' - F) / (F_m' - F_0')$;非光化学猝灭(NPQ)计算公式 $NPQ = (F_m - F_m') / F_m'$;光化学最大量子产量 $= F_v/F_m$;质体醌库 $= F_v/2$;非光化学猝灭过程中的基本量子产量 $= F_0'/F_m$;PS II 水裂解端失活程度 $= F_0'/F_v$ ^[13-16]。

2 结果

2.1 硫对成熟期烤烟叶绿素含量的影响

随硫浓度增加,成熟期烤烟叶片叶绿素 a 和叶绿素 b 含量均有上升趋势,但各处理间没有达到显著水平。 S_5 和 S_6 处理叶绿素 a/b 低于 S_1 — S_4 处理,这主要在于叶绿素 a 含量上升的幅度低于叶绿素 b。实验过程中对成熟期烤烟叶片颜色观察结果发现,随硫浓度升高,各处理叶片颜色均由浅变深, S_1 处理开花前落黄,表现缺硫症状, S_2 处理正常落黄, S_3 和 S_4 处理颜色较 S_2 处理深,但明显浅于 S_5 和 S_6 处理; S_5 和 S_6 处理,在烤烟移栽后 80d 仍没有任何落黄迹象。

表 1 硫对成熟期烤烟叶绿素含量的影响

Table 1 Effect of sulfur on the chlorophyll contents of flue-cured tobacco

处理 Treatment	叶绿素 a Chl. a	叶绿素 b Chl. b	叶绿素 a/b Chl. a/Chl. b
S_1	1.61±0.09a	0.77±0.04a	2.09±0.02a
S_2	1.63±0.08a	0.81±0.04a	2.01±0.01a
S_3	1.66±0.03a	0.79±0.05a	2.10±0.09a
S_4	1.71±0.04a	0.81±0.03a	2.11±0.05a
S_5	1.70±0.04a	0.87±0.05a	1.95±0.06a
S_6	1.73±0.05a	0.88±0.03a	1.97±0.01a

2.2 硫对成熟期烤烟叶绿素荧光参数的影响

成熟期烤烟 EQY 随辐射强度(PAR)的增加而逐渐降低,烤烟叶片的 EQY 以 S_2 处理最高,其它处理都明显低于 S_2 处理。 S_3 处理在一定光辐射范围内(0 — $600 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)略高于 S_4 ,但 S_3 和 S_4 处理明显高于 S_1 、 S_5 和 S_6 处理, S_1 处理的 EQY 略高于 S_5 处理,二者差异不大,但二者高于 S_6 处理的。这说明, S_1 、 S_5 、 S_6 处理的硫浓度对成熟期烤烟 EQY 产生了明显抑制。成熟期烤烟叶片质体醌库($F_v/2$)以 S_3 处理最高,明显高于其它处理,在 S_1 、 S_2 、 S_4 — S_6 处理之间,随硫浓度升高,烤烟叶片质体醌库呈下降趋势, S_4 、 S_5 、 S_6 处理的质体醌库曲线交织在一起,明显低于其它 3 个处理。在 S_2 — S_6 处理之间,随硫浓度的增加,成熟期烤烟叶片的 PS II 水

裂解失活程度(F_0/F_v)呈上升趋势, S_3 处理的 F_0/F_v 明显高于 S_2 处理, S_4 、 S_5 和 S_1 处理的 F_0/F_v 曲线相互交织,三者相差不大,但明显高于 S_3 处理, S_6 处理的 F_0/F_v 最高,明显高于其它处理。 S_3 处理的非光化学猝灭(NPQ)明显低于其它处理, S_2 处理的 NPQ 高于 S_3 处理的,但明显低于其它4个处理, S_1 处理的 NPQ 在光合有效辐射 $0-500\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间高于 S_4 、 S_5 、 S_6 处理的,但当光合有效辐射超过 $500\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 后,其 NPQ 低于 S_4 和 S_6 处理, S_1 和 S_4-S_6 处理的硫浓度都使成熟期烤烟叶片的 NPQ 升高, S_2 和 S_3 处理的硫浓度在一定程度上降低烤烟叶片的 NPQ 。 S_1 处理烤烟叶片光合电子传递速率(ETR)明显低于 S_2 和 S_3 处理,略低于 S_4 处理。在 S_2-S_6 处理之间,烤烟叶片的 ETR 随硫浓度的升高而降低, S_2 和 S_3 处理的 ETR 相差不大,且 ETR 值相对较高, S_4 处理烤烟叶片的 ETR 较 S_2 、 S_3 处理明显降低, S_5 和 S_6 处理的 ETR 最低,并且二者曲线交织在一起,其值差异不大。所有处理的光化学最大量子产量(F_v/F_m)随辐射强度的增加都有所下降, S_2 和 S_3 处理烤烟的 F_v/F_m 下降幅度不大,在所有处理中最高,并且两个处理的差异也不太大,其 F_v/F_m 曲线几乎重叠。 S_1 、 S_4 、 S_5 处理烤烟的 F_v/F_m 3条曲线重叠,其值相差不大,但较 S_2 和 S_3 处理的降幅大,且明显高于 S_6 处理的。 S_6 处理烤烟的PS II反应中心关闭程度($1-qP$)明显高于其它处理, S_1 、 S_4 和 S_5 处理的 $1-qP$ 相差不大,3条曲线相互交织,明显高于 S_2 和 S_3 处理的, S_2 和 S_3 处理的 $1-qP$ 最低,并且二者曲线相互重叠,差异较小。成熟期烤烟的非光化学过程中基本量子产量的变化趋势(F_0/F_m)与其 $1-qP$ 的变化趋势基本一致(图1)。

3 讨论

缺硫显著降低脐橙和水稻的光合色素含量^[9-10,16]。本研究表明,随硫浓度增加,烤烟叶绿素a和叶绿素b含量有上升趋势,但各处理间均未达到显著水平;成熟期烤烟各处理叶绿素都在降解,供硫在一定程度上降低了烤烟叶绿素的降解速度,从而硫浓度高的叶绿素含量相对较高。PS II是光合作用的重要部位,也是探讨逆境胁迫的重要位点^[17-19]。 EQY 代表的是与PS II有关的叶绿素所吸收光能的分配比例,被用来测定光化学反应^[20], EQY 的降低与 $1-qP$ 明显增加有关^[19]。 F_v/F_m 是最常用的叶绿素荧光参数,是暗适应状态下的光化学PS II的最大量子产量^[21]。 F_v/F_m 的持续降低和 F_0 的持续上升可能是PS II对高温、低温、高光强和水分胁迫的响应^[20], F_0 增加也可能是PS II中心失活造成的^[22]。 S_2 处理成熟期烤烟叶片的 EQY 和 F_v/F_m (图1)明显增高,在 S_2-S_6 处理之间,随硫浓度增加烤烟叶片的 EQY 和 F_v/F_m 逐渐降低; S_1 处理烤烟叶片的 EQY 和 F_v/F_m 明显低于 S_2 和 S_3 处理,略高于 S_5 和 S_6 处理。 S_1 、 S_5 、 S_6 处理的硫浓度严重抑制了成熟期烤烟叶片的 EQY 和 F_v/F_m 。

质体醌库作为电子、质子的缓冲库,能均衡两个光系统间的电子传递^[23]。在一定范围内(S_1-S_3)供硫促进成熟期烤烟质体醌库的增加(图1),但进一步供硫(S_4-S_6)则使其明显降低, S_2 处理的质体醌库略低于 S_1 处理,但二者都低于 S_3 处理。由此可见, S_1 处理成熟期烤烟的 EQY 、 F_v/F_m 、 ETR 的降低不是由质体醌库的降低引起的。 F_0/F_v 常用于表示水裂解端的失活程度,它对光化学效率的变化非常敏感,与 S_2 处理相比, S_3-S_6 和 S_1 处理都促进了成熟期烤烟 F_0/F_v 明显上升(图1), S_6 处理明显高于其他5各处理, S_1 、 S_4 、 S_5 处理之间相差不大,但明显高于 S_3 处理。 NPQ 是PS II天线色素吸收的不能用于光合电子传递而由热能耗散掉的光能,是一种自我保护机制。 S_1 处理的 NPQ 最高,这可能是低硫导致光合能量转化率低引起的, S_3 处理最低,其次为 S_2 处理, S_4 、 S_5 、 S_6 处理的升高应该是过高硫浓度对成熟期烤烟胁迫的结果(图1)。

位于D1蛋白上 Q_B 位点被束缚^[24]妨碍了原初电子受体 Q_A 的再氧化,阻碍了PS II与PS I之间的电子传递^[25]。 S_2 与 S_3 处理促进成熟期烤烟 ETR 升高(图1),进一步增加硫浓度将使其明显降低, S_1 也使成熟期烤烟的 ETR 明显降低。 $1-qP$ 是PS II反应中心关闭的程度^[19],在一定程度上反映 Q_A 的氧化还原状态, $1-qP$ 越大,PS II反应活性越小。 S_6 处理烤烟叶片的PS II反应中心关闭的程度($1-qP$)明显高于其它处理(图1), S_1 、 S_4 、 S_5 处理在一定程度上也加剧了PS II反应中心的关闭,但影响程度低于 S_6 处理, S_2 和 S_3 处理则使成熟期烤烟叶片PS II反应中心开放程度增加。过量供硫和低硫对成熟期烤烟PS II反应中心关闭程度的影响可能是导致烤烟 EQY 、 F_v/F_m 下降主要原因。 F_0/F_m 曲线的变化趋势与 $1-qP$ 的相一致,由此可见,低硫使 EQY 、 ETR 、 F_v/F_m 降低的原因是 $1-qP$ 和 NPQ 的升高引起的,而过量供硫使 EQY 、 ETR 、 F_v/F_m 降低的原因可能是

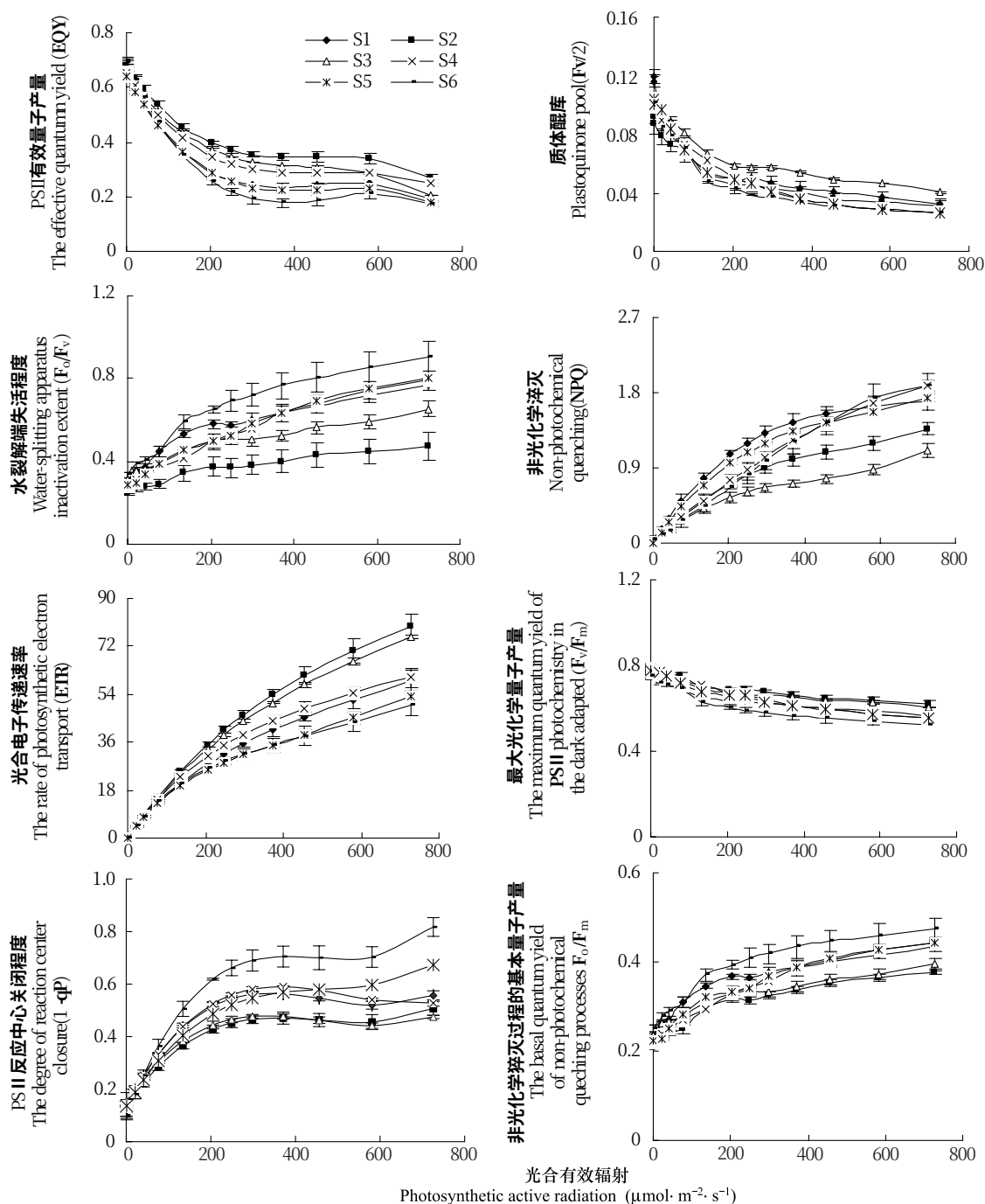


图1 硫对成熟期烤烟叶绿素荧光参数(EQY , $F_v/2$, F_o/F_v , NPQ , ETR , F_v/F_m , $1-qP$, F_o/F_m)的影响

Fig. 1 Effect of sulfur on chlorophyll fluorescence (EQY , $F_v/2$, F_o/F_v , NPQ , ETR , F_v/F_m , $1-qP$, F_o/F_m) of flue-cured tobacco in maturation stage

$1-qP$ 的升高和 $F_v/2$ 降低共同作用的结果;低硫和过量供硫处理 $1-qP$ 升高引起了各自 F_o/F_m 、 F_o/F_v 、 NPQ 的升高。2—4 mmol/L 的硫浓度满足成熟期烤烟对硫营养的需求,过高或过低都会对其产生不利影响(图1)。

References:

- [1] Moseley J M, Wolts W G, Carr J M, Weybrew J A. The relationship of maturity of the leaf at harvest and certain properties of the cured leaf of flue-cured tobacco. Tobacco Science, 1963, 7: 67-75.
- [2] Zhu YH, Tu N M, Xiao H Q, Wang H, Deng L C. Effect of sulfur on the growth and physiological and biochemical indices of flue-cured tobacco.

- Acta Tobacaria Sinica, 2008, 14(4): 28-32.
- [3] Ma C Y, Li Y M, Han J L. Effects of different dose of sulfur fertilizer on photosynthetic characteristics and grain yield in winter wheat. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2005, 11(2): 211-217.
- [4] Wang Q R, Lin B. Effect of sulfur stress on ultrastructure and sulfur distribution in vegetative and reproductive parts of oilseed rape. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 1999, 5(1): 46-49.
- [5] Lippemeier S, Frampton D M F, Blackburn S I, Geier S C, Negri A P. Influence of phosphorus limitation on toxicity and photosynthesis of *Alexandrium minutum* (Dinophyceae) monitored by in line detection of variable chlorophyll fluorescence. Journal of Phycology, 2003, 39(2): 320-331.
- [6] Lin S Q, Xu C H, Zhang Q D, Xu L, Mao D Z, Kuang T Y. Some application of chlorophyll fluorescence kinetics to plant stress physiology to ecology and agriculture modernization. Chinese Bulletin of Botany, 1992, 9(1): 1-16.
- [7] Zhou C B, Song Y Y, Wang B J, Li R, Li M Y, Li Y Y. Effects of drought stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence parameters of *Populus euphratica*. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(4): 5-9.
- [8] Liang Y, Yin C L, Jiang X Q, Yu Y Z. Effects of different S concentrations on the growth and chlorophyll fluorescence of *Chaetoceros gracilis* and *Phaeodactylum tricornutum*. Marine Fisheries Research, 2007, 28(5): 89-94.
- [9] Cheng P Z, He M, Yuan X C. Effects of foliage spraying sodium bisulfite on photosynthetic physiological characteristics of *Citrus sinensis* with sulphur deficiency. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007, 18(2): 327-332.
- [10] Cheng P Z, Wang L. Effects of sulfur deficiency on photosynthesis and chlorophyll fluorescence of *Citrus sinensis* Osbeck leaves. Chinese Journal of Ecology, 2006, 25(5): 503-506.
- [11] Zhu Y H, Tu N M, Xiao H Q, Guan G S, Wang H, Cai Q, Deng L C, Wei Y, Yi D, Huang Z C, Li H L. Effects of sulfur nutrition on photosynthesis and chlorophyll fluorescence of tobacco leaves. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(3): 1000-1005.
- [12] Zhang Z L, Qu W J, Li X F. The Experimental Guide for Plant Physiology. Beijing: Higher Education Press, 2003.
- [13] Ralph P J, Schreiber U, Gademann R, Kuhl M, Larkum A W D. Coral photobiology studied with a new imaging pulse amplitude modulated fluorometer. Journal of Phycology, 2005, 41(2): 335-342.
- [14] Schreiber U, Bilger W. Progress in chlorophyll fluorescence research: major developments during the past years in retrospect. Progress in Botany, 1993, 54: 151-173.
- [15] Oxborough K, Baker N R. Resolving chlorophyll a fluorescence images of photosynthetic efficiency into photochemical and non-photochemical components-calculations of qP and F_v'/F_m' without measuring F_o' . Photosynthesis Research, 1997, 54(2): 135-142.
- [16] Lin Q, Li J, Chen Z C, Peng J G, Zhang M Q, Zhang Q F. Effect of S-deficiency stress on chlorophyll fluorescence kinetics of rice leaves. Fujian Journal of Agricultural Science, 2007, 22(4): 397-400.
- [17] Liang W B, Xue S G, Shen J H, Wang P. Effects of manganese stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence parameters of *Phytolacca americana*. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(3): 619-625.
- [18] Yang S P, Wei C Z, Liang Y C. Effects of NaCl stress on the characteristics of photosynthesis and chlorophyll fluorescence at seedlings stage in different sea island cotton genotypes. Scientia Agricultura Sinica, 2010, 43(8): 1585-1593.
- [19] Piñol R, Simón E. Effect of 24-epibrassinolide on chlorophyll fluorescence and photosynthetic CO_2 assimilation in *Vicia faba* plants treated with the photosynthesis-inhibiting herbicide terbutryn. Journal of Plant Growth Regulation, 2009, 28(2): 97-105.
- [20] Maxwell K, Johnson G N. Chlorophyll fluorescence — a practical guide. Journal of Experimental Botany, 2000, 51(345): 659-668.
- [21] Roháček K. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning and mutual relationships. Photosynthetica, 2002, 40(1): 13-29.
- [22] Lazár D. Chlorophyll a fluorescence induction. Biochimica et Biophysica Acta, 1999, 1412(1): 1-28.
- [23] Li L, Yuan L, Song L N, Gu Y J. Effects of cadmium stress on chlorophyll fluorescence parameters of *Lemna minor* L. Acta Scientiae Circumstantiae, 2010, 30(5): 1062-1068.
- [24] Zimmermann K, Heck M, Frank J, Kern J, Vass I, Zouni A. Herbicide binding and thermal stability of photosystem II isolated from *Thermosynechococcus elongatus*. Biochimica et Biophysica Acta, 2006, 1757(2): 106-114.
- [25] Xiong J, Hutchison R S, Sayre R T, Govindjee. Modification of the photosystem II acceptor side function in a D1 mutant (arginine-269-glycine) of *Chlamydomonas reinhardtii*. Biochimica et Biophysica Acta, 1997, 1322(1): 60-76.

参考文献:

- [2] 朱英华, 屠乃美, 肖汉乾, 王辉, 邓力超. 硫对烤烟生长发育及生理生化指标的影响. 中国烟草学报, 2008, 14(4): 28-32.
- [3] 马春英, 李雁鸣, 韩金玲. 不同施硫量对冬小麦光合特性和产量的影响. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(2): 211-217.
- [4] 王庆仁, 林葆. 硫胁迫对油菜超微结构及超细胞水平硫分布的影响. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(1): 46-49.
- [8] 梁英, 尹翠玲, 江新琴, 于云芝. 硅浓度对纤角毛藻和三角褐指藻生长及叶绿素荧光特性的影响. 海洋水产研究, 2007, 28(5): 89-94.
- [9] 陈屏昭, 何媚, 袁晓春. 喷施亚硫酸氢钠溶液对缺硫脐橙光合生理特性的影响. 应用生态学报, 2007, 18(2): 327-332.
- [10] 陈屏昭, 王磊. 缺硫对脐橙叶片光合特性和叶绿素荧光参数的影响. 生态学杂志, 2006, 25(5): 503-506.
- [11] 朱英华, 屠乃美, 肖汉乾, 关广晟, 王辉, 蔡奇, 邓力超, 范跃, 易迪, 黄泽春, 李海林. 硫对烟草叶片光合特性和叶绿素荧光参数的影响. 生态学报, 2008, 28(3): 1000-1005.
- [12] 张志良, 瞿伟菁, 李小方. 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [16] 林琼, 李娟, 陈子聪, 彭嘉桂, 章明清, 张秋芳. 缺硫胁迫对水稻叶绿素荧光动力学的影响. 福建农业学报, 2007, 22(4): 397-400.
- [17] 梁文斌, 薛生国, 沈吉红, 王萍. 锰胁迫对垂序商陆光合特性及叶绿素荧光参数的影响. 生态学报, 2010, 30(3): 619-625.
- [18] 杨淑萍, 危常州, 梁永超. 盐胁迫对不同基因型海岛棉光合作用及荧光特性的影响. 中国农业科学, 2010, 43(8): 1585-1593.
- [23] 李伶, 袁琳, 宋丽娜, 顾詠洁. 镉对浮萍叶绿素荧光参数的影响. 环境科学学报, 2010, 30(5): 1062-1068.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 13 July, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Spatiotemporal variation of plant community aspections in the north-subtropical zone of eastern China	CHEN Xiaoqiu, QI Xiaoran, A Shan, et al (3559)
Seasonal variations and environmental control impacts of evapotranspiration in a hilly plantation in the mountain areas of North China	HUANG Hui, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (3569)
Intra- and inter-specific variations in stem respiration for 14 temperate tree species in northeastern China	XU Fei, WANG Chuankuan, WANG Xingchang (3581)
Assessment of the ecological health of wetlands in Honghe supported by RS and GIS techniques	WANG Yihan, ZHOU Demin, SUN Yonghua (3590)
Phytoplankton community structure in Qinzhou Bay during flood season by analysis of HPLC photosynthetic pigment signatures	LAN Wenlu, WANG Xiaohui, LI Mingmin (3601)
Irreplaceability-based function zoning of nature reserves in the Three Rivers Headwater Region of Qinghai Province	QU Yi, WANG Xiulei, LUAN Xiaofeng, et al (3609)
Effects of snowmelt timing on individual growth and reproduction of <i>Pedicularis davidii</i> var. <i>pentodon</i> on the eastern Tibetan Plateau	CHEN Wennian, WU Yan, WU Ning, et al (3621)
Response of foliar $\delta^{13}\text{C}$ of <i>Quercus spinosa</i> to altitudinal gradients	FENG QiuHong, CHENG Ruimei, SHI Zuomin, et al (3629)
Soil water and nutrient characteristics of alfalfa grasslands at semi-arid and semi-arid prone to drought areas in southern Ningxia	REN Jingjing, LI Jun, WANG Xuechun, et al (3638)
Aboveground biomass of natural <i>Castanopsis fissa</i> community at the Xiaokeng of NanLing Mountain, Southern China	LI Gen, ZHOU Guangyi, WANG Xu, et al (3650)
Impacts of grazing on herbage quality of the alpine and subalpine meadows within Wutai Mountain	ZHANG Yiping, JIANG Yuan, LIU Quanru, et al (3659)
Short-term effects of warming on growth and stoichiometrical characteristics of <i>Abies fabii</i> (Mast.) Craib seedling in Gongga mountain	YANG Liudong, YANG Yan, WANG Genxu, et al (3668)
Manganese stress on morphological structures of leaf and ultrastructures of chloroplast of a manganese hyperaccumulator, <i>Phytolacca americana</i>	LIANG Wenbin, XUE Shengguo, SHEN Jihong, et al (3677)
Allelopathic potential of volatile oil from <i>Chenopodium ambrosioides</i> L. on root tip cells of <i>Vicia faba</i>	HU WanJun, MA Danwei, WANG Yanan, et al (3684)
Contents and cycling of microelements in Karst urban poplar plantations	WANG Xinkai, TIAN Dalun, YAN Wende, et al (3691)
Fungal flora and population structure of polypores in the Great Xingan Mountains	CUI Baokai, YU Changjun (3700)
Growth competition characteristics of <i>Microcystis aeruginosa</i> Kutz and <i>Scenedesmus obliquus</i> (Turp.) Kutz under non-steady-state nutrient limitation	ZHAO Xiaodong, PAN Jiang, LI Jinye, et al (3710)
The characters of salt-tolerance at different growth stages in cotton	WANG Junjuan, WANG Delong, FAN Weili, et al (3720)
Assessment of tributyltin ecotoxicity using a model animal nematode <i>Caenorhabditis elegans</i>	WANG Yun, YANG Yanan, JIAN Fenglei, et al (3728)
Effect of oil exploitation on soil nematode communities in Daqing Oilfield	XIAO Nengwen, XIE Deyan, WANG Xuexia, et al (3736)
Effect of habitat degradation on soil meso- and microfaunal communities in the Zoigê Alpine Meadow, Qinghai-Tibetan Plateau	WU Pengfei, YANG Daxing (3745)
Characteristics of the soil environment of Dongting Lake wetlands and its response to the converting farmland to lake project	LIU Na, WANG Kelin, XIE Yonghong, et al (3758)
Modeling the changes of yield and deep soil water in apple orchards in Weibei rainfed highland	ZHANG Shehong, LI Jun, WANG Xuechun, et al (3767)
Potential soil N_2O emissions and its controlling factors under different land use patterns on hilly-gully loess plateau	QI Jinhua, HUANG Yimei, ZHANG Hong, et al (3778)
Comparison between physiological properties and cold tolerance under low temperature treatment during different growing stages of rice in northeast central region of China	SONG Guangshu, SUN Zhongfu, SUN Lei, et al (3788)
Effect of sulfur on chlorophyll fluorescence of flue-cured tobacco at maturation stage	ZHU Yinghua, TU Naimei, XIAO Hanqian, et al (3796)
Effects of high temperature and strong light on chlorophyll fluorescence, the D1 protein, and Deg1 protease in Satsuma mandarin, and the protective role of salicylic acid	QIU Cuihua, JI Weiwei, GUO Yanping (3802)
Effect of plastic film mulching on the distribution and translocation of nitrogen in soil-lettuce system	LI Lili, LI Feili, LIU Qiuya, et al (3811)
An analysis on spatio-temporal dynamics of suitable habitats for waterbirds based on spatial zonation at Chongming Dongtan, Shanghai	FAN Xuezhong, ZHANG Liquan, YUAN Lin, et al (3820)
The bryophyte consumed by reindeers and species diversity of bryophyte in reindeer habitats	FENG Chao, BAI Xueliang (3830)
Evaluation of rainwater runoff storage by urban green spaces in Beijing	ZHANG Biao, XIE Gaodi, XUE Kang, et al (3839)
Review and Monograph	
Advances in methane-cycling microbial communities of permafrost and their response to global change	NI Yongqing, SHI Xuwei, ZHENG Xiaoji, et al (3846)
Heat transfer property of mammal pelage and its influencing factors	ZHENG Lei, ZHANG Wei, HUA Yan (3856)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 31 卷 第 13 期 (2011 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 13 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元