

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第16期 Vol.31 No.16 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 (SHENTAI XUEBAO)

第31卷 第16期 2011年8月 (半月刊)

目 次

人工和天然湿地芦苇根际土壤细菌群落结构多样性的比较	汪仲琼,王为东,祝贵兵,等 (4489)
不同土壤水分下山杏光合作用光响应过程及其模拟	郎 莹,张光灿,张征坤,等 (4499)
不同颜色遮阳网遮光对丘陵茶园夏秋茶和春茶产量及主要生化成分的影响	秦志敏,付晓青,肖润林,等 (4509)
辐射迫对烟草叶激素水平、光合特性、荧光特性的影响	吴 坤,吴中红,邹付菊,等 (4517)
条浒苔和缘管浒苔对辐射迫的生理响应比较	蒋和平,郑青松,朱 明,等 (4525)
盐胁迫对拟南芥和盐芥莲座叶芥子油苷含量的影响	庞秋颖,陈思学,于 涛,等 (4534)
长期双季稻绿肥轮作对水稻产量及稻田土壤有机质的影响	高菊生,曹卫东,李冬初,等 (4542)
基于水量平衡下灌区农田系统中氮素迁移及平衡的分析	杜 军,杨培岭,李云开,等 (4549)
苏北海滨湿地互花米草种子特征及实生苗生长	徐伟伟,王国祥,刘金娥,等 (4560)
基于AnnAGNPS模型的三峡库区秭归县非点源污染输出评价	田耀武,黄志霖,肖文发 (4568)
镉污染对不同生境拟水狼蛛氧化酶和金属硫蛋白应激的影响	张征田,庞振凌,夏 敏,等 (4579)
印度洋南赤道流区水体叶绿素a的分布及粒级结构	周亚东,王春生,王小谷,等 (4586)
长江口滩涂围垦后水鸟群落结构的变化——以南汇东滩为例	张 斌,袁 晓,裴恩乐,等 (4599)
应用鱼类完整性指数(FAII)评价长江口沿岸碎波带健康状况	毛成贵,钟俊生,蒋日进,等 (4609)
基于渔业调查的南极半岛北部水域南极磷虾种群年龄结构分析	朱国平,吴 强,冯春雷,等 (4620)
水稻模型ORYZA2000在湖南双季稻区的验证与适应性评价	莫志鸿,冯利平,邹海平,等 (4628)
旱地农田不同耕作系统的能量/碳平衡	王小彬,王 燕,代 快,等 (4638)
宁夏黄灌区稻田冬春休闲期硝态氮淋失量	王永生,杨世琦 (4653)
太湖沉积物有机碳与氮的来源	倪兆奎,李跃进,王圣瑞,等 (4661)
日偏食对乌鲁木齐空气可培养细菌群落的影响	马 晶,孙 建,张 涛,等 (4671)
灰飞虱与褐飞虱种内和种间密度效应比较	吕 进,曹婷婷,王丽萍,等 (4680)
圈养马来熊行为节律和时间分配的季节变化	兰存子,刘振生,王爱善,等 (4689)
塔里木荒漠河岸林干扰状况与林隙特征	韩 路,王海珍,陈加利,等 (4699)
珍稀植物伯乐树一年生更新幼苗的死亡原因和保育策略	乔 琦,秦新生,邢福武,等 (4709)
垃圾堆肥复合菌剂对干旱胁迫下草坪植物生理生态特性的影响	多立安,王晶晶,赵树兰 (4717)
CLM3.0-DGVM中植物叶面积指数与气候因子的时空关系	邵 璞,曾晓东 (4725)
基于生态效率的辽宁省循环经济分析	韩瑞玲,佟连军,宋亚楠 (4732)
专论与综述	
土壤食物网中的真菌/细菌比率及测定方法	曹志平,李德鹏,韩雪梅 (4741)
生态社区评价指标体系研究进展	周传斌,戴 欣,王如松,等 (4749)
问题讨论	
不同胁迫条件下化感与非化感水稻PAL多基因家族的差异表达	方长旬,王清水,余 彦,等 (4760)
研究简报	
钦州湾大型底栖动物生态学研究	王 迪,陈丕茂,马 媛 (4768)
人工恢复黄河三角洲湿地土壤碳氮含量变化特征	董凯凯,王 惠,杨丽原,等 (4778)
基于地统计学丰林自然保护区森林生物量估测及空间格局分析	刘晓梅,布仁仓,邓华卫,等 (4783)
晋西黄土区辽东栎、山杨树干液流比较研究	隋旭红,张建军,文万荣 (4791)
小兴安岭典型苔草和灌木沼泽N ₂ O排放及影响因子	石兰英,牟长城,田新民,等 (4799)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-08



封面图说: 在长白山麓低海拔地区的晚秋季节,成片的白桦林用无数根白色的树干、树枝烘托着林冠上跳动的金黄色叶片,共生的柞木树冠用更浓重的颜色显示了它的存在,整个山梁层林尽染,秋意浓浓。

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

秦志敏,付晓青,肖润林,黎星辉,王玉花,徐华勤. 不同颜色遮阳网遮光对丘陵茶园夏秋茶和春茶产量及主要生化成分的影响. 生态学报, 2011, 31(16):4509-4516.

Qin Z M, Fu X Q, Xiao R L, Li X H, Wang Y H, Xu H Q. Effects of colour shading on the yield and main biochemical components of summer-autumn tea and spring tea in a hilly tea field. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(16):4509-4516.

不同颜色遮阳网遮光对丘陵茶园夏秋茶和春茶产量及主要生化成分的影响

秦志敏^{1,2}, 付晓青¹, 肖润林^{1,*}, 黎星辉^{1,2}, 王玉花², 徐华勤¹

(1. 中国科学院亚热带农业生态研究所 亚热带农业生态过程重点实验室, 长沙 410125; 2. 南京农业大学园艺学院, 南京 210095)

摘要:为研究不同颜色遮阳网遮光对夏秋茶与春茶产量和品质的影响,在中国科学院桃源农业生态试验站以“碧香早”茶树为试验材料,选用不遮光和中度遮光(遮光率($50\pm3\%$))的黑色、绿色、银白色遮阳网开展遮光试验。试验表明:与对照相比,不同季节茶园经遮光后百芽重、芽密度均高于对照茶园。百芽重夏秋季黑色和绿色处理与对照间差异显著,分别比对照高 10.21%、6.07%,春季黑色、绿色和银白色处理均显著高于对照,分别比对照高 4.29%、11.11%、5.30%。芽密度夏秋季黑色与对照间差异显著,比对照高 7.40%,春季黑色、绿色、银白色处理均显著高于对照,分别比对照高 32.47%、31.50%、22.28%;在不同季节茶园遮光后可增加新梢含水率,但与对照间无显著差异;遮光可降低水浸出物含量,不同遮光处理间无明显规律性;夏秋季节茶园应用黑色和绿色遮阳网,春季应用 3 种颜色遮阳网遮光可增加茶叶游离氨基酸和咖啡碱含量,降低茶多酚含量和酚氨比。与对照茶园相比,夏季、秋季、春季黑色遮阳网处理的氨基酸含量与对照间差异显著,分别比对照高 14.22%、17.07%、6.23%;夏秋季节不同遮阳网处理的茶多酚含量与对照间差异性不显著,春季黑色和绿色处理的茶多酚含量与对照间差异性显著,分别比对照低 27.66%、19.21%;夏季黑色处理的酚氨比显著低于对照,比对照低 16.40%,秋季和春季黑色和绿色处理的酚氨比均与对照间差异显著,秋季黑色和绿色处理分别比对照低 20.13%、11.79%,春季分别比对照低 31.82%、20.55%;不同季节黑色遮光处理的咖啡碱含量与对照间达到显著性差异,夏季、秋季、春季黑色处理的咖啡碱含量分别比对照高 9.48%、8.10%、7.28%。试验结果说明夏秋季节应用黑色和绿色遮光设施,春季应用 3 种颜色的遮光设施均可有效改善丘陵茶园绿茶品质,不同季节黑色遮阳网遮光均显著增加名优绿茶产量并改善绿茶内含品质。

关键词:茶园;生态管理;夏秋茶;春茶;遮光;产量;生化成分

Effects of colour shading on the yield and main biochemical components of summer-autumn tea and spring tea in a hilly tea field

QIN Zhimin^{1,2}, FU Xiaoqing¹, XIAO Runlin^{1,*}, LI Xinghui^{1,2}, WANG Yuhua², XU Huaqin¹

1 Key Laboratory of Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China

2 Horticultural College, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Abstract: In order to understand the influence of shading colors on the quality of summer-autumn tea and spring tea, three shading screens with different colours (black, green and silver) (BSS, GSS and SSS) at a moderate shading intensity ($50\pm3\%$) and non-shading control (CK) were set up in a tea field (*Camellia Sinensis*, cv. Bixiangzao) at the Taoyuan Station of Agro-ecology, Chinese Academy of Sciences. The results indicated that 100-bud weight and bud density increased in all treatments of shade colours during different seasons. In comparison with the CK treatment, 100-bud weights in

基金项目:国家支撑计划重点项目(2009BADC6B05-2);中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-EW-B-1);外国专家局项目(20100491005-8);广西区科技计划(桂科合 0992031-20);现代农业产业技术体系建设专项(CARS-23)

收稿日期:2010-08-12; 修订日期:2010-11-29

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xiaorl@isa.ac.cn

summer-autumn were significantly improved in BSS and GSS by 10.2%, 6.1%, respectively, while 100-bud weights in spring increased significantly by 4.3%, 11.1% and 5.3% under BSS, GSS and SSS, respectively. For the bud density, it was significantly higher than that of CK by 7.4% under BSS in summer-autumn and by 32.5%, 31.5% and 22.3% under BSS, GSS, and SSS in spring, respectively. With shading, the shoot water content of tea plants was increased in different seasons, but such shoot water increase was not significant over CK. Compared with CK, the tea water extractants under the shading screens were decreased, but there was no significant difference between the treatments. The use of the BSS and the GSS in summer-autumn and all shadings in spring increased the contents of amino acids (AA) and caffeine in tea leaves, while it reduced the polyphenol (TP) content and the TP/AA ratio. The treatment of BSS significantly increased the AA content by 14.2%, 17.1% and 6.2% in summer, autumn and spring, respectively. The effect of shading on the TP content was not significant in summer and autumn, but the treatments of BSS and GSS decreased the TP content by 27.7% and 19.2% in spring, respectively. BSS significantly decreased the TP/AA ratio by 16.4% over CK in summer, while BSS and GSS reduced the TP/AA ratio significantly by 20.1% and 11.8% in autumn, and 31.8% and 20.6% in spring, respectively. In comparison with the CK treatment, the theine content significantly increased under BSS by 9.5%, 8.1% and 7.3% in summer, autumn and spring, respectively. In conclusion, the use of BSS and GSS in summer and autumn and all three shading colours in spring was able to improve the tea quality in hilly tea gardens, with the colour shading effect on the tea quality in the following order: black > green > non-shading > silver for the summer-autumn tea, whilst in spring with the order: black > green > silver > non-shading. Since the BSS could significantly increase the yield and the biochemical components of the tea in different seasons, tea growers are recommended to apply this shading screen for better tea production and quality in the hilly tea gardens.

Key Words: tea plantation; ecological management; summer-autumn tea; spring tea; colour shading; biochemical components

在农业生产中,遮光作为一条重要的农艺措施已在不同作物中取得了良好的应用效果。有研究者通过对红豆杉^[1]、草莓^[2]、蔬菜^[3]等植物进行遮光处理,发现遮光可改善光照强度进而提高植物的净光合速率,有利于提高苗木质量和蔬菜产量。对茶园进行遮光在国内外也有大量研究^[4-6]。茶树遮光有生态遮光和覆盖遮光两种方式。我国科研人员对丘陵地区茶树生态环境、海拔高度与茶叶品质的关系进行了系统研究,总结出了适宜于丘陵地区的“胶茶间种”、“茶林间种”、“茶果间种”等几种主要的生态遮光方法^[7-10],近年来采用遮阳网覆盖遮光法^[11-12]改善茶叶品质的报道较多,但对夏秋茶和春茶进行遮光比较试验的报道较少。

由于云雾和高大乔木冠层遮挡,自然界有很多植物不能获得连续饱和的光照。茶树原产中国云贵高原及其边缘地区云雾弥漫的原始森林中,经过长期的系统发育逐渐形成了好阴湿、喜漫射光的代谢特点^[13]。在弱光条件下,茶树光合强度与光强呈正相关;但光照超过一定范围时,茶树光合作用就不再增强,有时反而略有下降,这时的光照强度为茶树的光饱和点^[14]。正是光照和温度等生态因子的协同作用,造成春茶和夏秋茶、高山茶和丘陵茶品质上的差异。丘陵茶区夏秋季气温高,日照强,茶树体内氮代谢水平低于碳代谢水平,夏秋茶鲜叶中多酚类物质含量高,氨基酸类物质含量较低(酚氨比值高),使夏秋茶具有苦涩味重、鲜爽度不够、香气低等缺点,茶叶品质较差^[15-16];春季茶叶氨基酸类物质含量高,鲜爽度等品质优于夏秋茶,茶叶的价格主要取决于采摘时间,往往是采摘越早给茶农带来的收益就越高,如何在春季提早开采期成了提高茶叶产量的关键因素^[17]。南方丘陵茶区早春常出现“倒春寒”,在倒春寒来临前适当覆盖遮阳网可有效阻止低温、冰雹等灾害性天气对茶芽的伤害,利于提早春茶采摘期和增加春茶产量。本文探讨湖南丘陵茶区应用不同颜色的遮阳网遮光对夏秋茶和春茶主要生化成分的影响,为不同季节利用遮阳网遮光生产优质茶鲜叶原料开发名优茶产品提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况及试验材料

试验研究区位于湖南省中国科学院桃源农业生态试验站茶叶试验场,地理坐标 $28^{\circ}55'N, 111^{\circ}30'E$,海拔92.2 m,地形为缓坡丘陵。该区域为典型中亚热带北部湿润季风气候,年平均气温16.5℃,年均降水量1447.9 mm,年日照时数1531.4 h;试验地土壤类型主要为第四纪红土发育的红壤,土壤肥力基本一致,选16年生的成龄茶树为试验材料,供试茶树品种为“碧香早”,茶树种植行为东西向,行距为200 cm。

1.2 试验方法

1.2.1 遮光方法

遮阳网覆盖茶树采用搭棚覆盖法,即在茶树上部搭建铁棚后将遮阳网直接盖于钢质大棚架上,周边用卡槽固定。以自然光为参比光,试验共设黑色、绿色、银白色3种颜色遮阳网中度遮光(遮光率($50\pm3\%$))和不遮光(CK)4个处理,每个遮阳网内和对行均作2次重复,为3行条栽。大棚高2 m,宽5 m,长20 m。遮阳网在茶树新梢一芽一叶初展时进行覆盖,各小区按常规生产技术措施进行统一管理。夏秋茶试验于2009年6—10月进行,春茶试验于2010年3—5月进行。

1.2.2 茶叶产量指标和新梢含水率的测定

(1)百芽重(g) 每行随机采100个芽头(1芽2叶)称重。

(2)芽密度(个/m²) 用30 cm×30 cm的方框在每行随机取3个点,数框内芽头个数。

(3)新梢含水率 采用烘干法。

1.2.3 生化成分分析

采摘新梢制成蒸青茶样。夏茶于2009年7月18日采摘,秋茶于9月14日采摘,春茶于2010年3月26日采摘。夏秋茶在1芽3叶时采摘,春茶在1芽4叶时采摘。所有蒸青样均为当天采摘当天加工处理。

茶鲜叶蒸青样加工处理方法根据周国兰^[18]的研究,茶叶最佳蒸青时间为4—5 min为宜,本试验选蒸青4 min,冷却至80℃至烘干(10 h左右)制成蒸青茶试样。

茶鲜叶蒸青样内质成分测定方法均采用国标法,氨基酸(GB/T 8314—2003)、茶多酚(GB/T 8313—2003)、咖啡碱(GB/T 8312—2003)、水浸出物(GB/T 8305—2003)以及蒸青样含水率(GB/T 8304—2003)。

1.3 数据处理

采用Excel 2003和SPSS 17.0软件中的one-way ANOVA法进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 遮光对茶树产量指标和新梢含水率的影响

由表1可见,百芽重在夏秋季黑色和绿色遮阳网与对照间差异显著,黑色、绿色和银白色处理分别比对照高10.21%、6.07%、2.69%,春季3种颜色遮阳网处理均比对照显著,黑色、绿色、银白色处理分别比对照高4.29%、11.11%、5.30%;芽密度在夏秋季黑色处理与对照间差异显著,黑色、绿色、银白色处理分别比对照高7.40%、4.20%、1.36%,春季3种颜色的处理均与对照间差异显著,黑色、绿色、银白色处理分别比对照高32.47%、31.50%、22.28%;新梢含水率在夏秋季3种颜色遮阳网处理与对照间均无显著性差异,黑色、绿色、银白色处理分别比对照高1.49%、0.92%、0.68%,春季新梢含水率显著性分析与夏秋季一致,黑色、绿色、银白色处理分别比对照高1.57%、0.61%、0.15%(表1),新梢含水率的增加有利于提高茶树抗旱能力和新梢持嫩性。总的来看,茶树遮光后,各产量指标和新梢水分含量均高于对照,春茶各产量指标和新梢水分含量明显优于夏秋茶。不同颜色遮阳网对夏秋茶和春茶的产量指标和新梢水分含量的影响为黑色>绿色>银白色>CK。

2.2 遮光对茶鲜叶蒸青样中各生化成分的影响

2.2.1 遮光对茶鲜叶蒸青样中水浸出物的影响

由图1可知,不同季节水浸出物含量夏茶>秋茶>春茶,夏秋季水浸出物含量较高,与夏秋茶茶多酚含量

高有一定的关系,水浸出物降低可减少茶叶滋味的苦涩度。总的看来,茶树经遮光后水浸出物含量低于对照,但与对照之间的差异不显著。而不同季节各种颜色的遮阳网遮光对水浸出物含量的影响不明显。

表1 遮光对茶叶产量指标和新梢水分含量的影响

Table 1 Effects of shading on yield index and water content of sprout of tea plant

处理 Treatments	百芽重/g 100-bud weight		芽密度/(条/m ²) Bud density		新梢含水率/% Shoot water content	
	夏秋季 Summer and autumn		夏秋季 Summer and autumn		夏秋季 Summer and autumn	
	夏季 Summer	春季 Spring	夏季 Summer	春季 Spring	夏季 Summer	春季 Spring
黑色遮阳网 Black net	15.97±0.17 a	16.52±0.46 ab	782.38±11.76 a	1274.07±65.91 a	73.59±0.35 a	76.24±1.12 a
绿色遮阳网 Green net	15.37±0.14 ab	17.60±0.46 a	759.13±15.80 ab	1264.81±9.96 a	73.18±0.19 a	75.52±1.72 a
银白色遮阳网 Silver gray net	14.88±0.15 bc	16.68±0.21 ab	738.38±11.87 b	1176.11±17.69 a	73.00±0.13 a	75.17±1.83 a
对照(CK) Non-shading	14.49±0.42 c	15.84±0.80 c	728.50±11.79 b	961.81±33.27 b	72.51±1.45 a	75.06±1.52 a

同一列内不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$) ; 平均值±标准差, $n=4$

2.2.2 遮光对茶鲜叶蒸青样中氨基酸含量的影响

夏季黑色遮阳网处理的茶鲜叶中氨基酸含量显著高于对照,银白色处理显著低于对照,黑色和绿色遮阳网处理的茶鲜叶氨基酸含量分别比对照高 14.22%、8.33%,银白色处理比对照低 16.67%;秋季黑色处理与对照间差异显著,黑色和绿色遮阳网处理的茶鲜叶氨基酸含量分别比对照高 17.07%、9.76%、银白色处理比对照低 5.85%;春季黑色遮阳网处理的茶鲜叶中氨基酸含量与对照差异显著,黑色、绿色和银白色分别比对照高 6.23%、1.87%、0.62% (表 2)。与对照相比,夏秋季采用黑色和绿色遮阳网遮光处理可以提高氨基酸含量,银白色处理降低氨基酸含量,不同颜色的遮阳网遮光处理茶鲜叶氨基酸含量为黑色>绿色>CK>银白色;春季各种颜色遮阳网遮光处理均可增加氨基酸含量,这可能与遮阳网的保温作用有一定的关系。不同颜色遮阳网遮光处理茶鲜叶氨基酸含量为黑色>绿色>银白色>CK(表 2)。

表2 遮光对茶鲜叶蒸青样中氨基酸含量的影响/(mg/g)

Table 2 Effects of shading on amino acids content in dried tea leaves

处理 Treatments	夏季 Summer	秋季 Autumn	春季 Spring
黑色遮阳网 Black net	23.3±1.3 a	24.0±1.0 a	34.1±0.5 a
绿色遮阳网 Green net	22.1±0.4 ab	22.5±0.5 ab	32.7±0.3 b
银白色遮阳网 Silver gray net	17.0±0.3 c	19.3±0.8 c	32.3±0.4 b
对照(CK) Non-shading	20.4±0.8 b	20.5±1.0 bc	32.1±0.3 b

同一列内不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$) ; 平均值±标准差, $n=4$

2.2.3 遮光对茶鲜叶蒸青样中茶多酚含量的影响

研究结果表明,茶树经遮光后体内茶多酚含量降低,夏季各种颜色的遮阳网遮光与对照间无显著性差异,黑色和绿色遮光处理茶鲜叶中茶多酚含量分别比对照低 4.40%、0.46%,银白色处理比对照高 1.13%;秋季各处理间差异与夏季一致,黑色和绿色遮光处理茶鲜叶中茶多酚含量分别比对照低 6.43%、3.30%,银白色处理比对照高 3.13%;春季黑色和绿色遮阳网处理的茶鲜叶茶多酚含量与对照间差异显著,黑色、绿色和银白色处理比对照分别低 27.66%、19.21%、6.36% (表 3)。相关分析发现,遮光对茶多酚含量的影响与氨基酸成负相

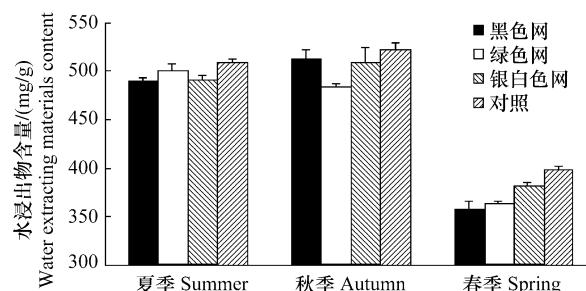


图1 遮光对茶鲜叶蒸青样水浸出物含量的影响(平均值±标准差, $n=4$)

Fig. 1 Effects of shading on water extracting materials content of dried tea plant (Mean ± SD, $n=4$)

关,夏秋季茶鲜叶中茶多酚含量为银白色>CK>绿色>黑色,春季茶鲜叶中茶多酚含量为 CK>银白色>绿色>黑色(表3)。夏季和秋季茶鲜叶中茶多酚含量比较一致,均明显高于春季,是夏秋茶苦涩味高于春茶的原因之一。

表3 遮光对茶鲜叶蒸青样中茶多酚含量的影响/(mg/g)

Table 3 Effects of shading on tea polyphenol content in dried tea leaves

处理 Treatments	夏季 Summer	秋季 Autumn	春季 Spring
黑色遮阳网 Black net	271.6±3.3 b	266.4±8.2 b	210.5±7.2 c
绿色遮阳网 Green net	282.8±6.2 ab	275.3±7.0 ab	235.1±3.3 b
银白色遮阳网 Silver gray net	287.3±5.4 a	293.6±6.6 a	272.5±4.0 a
对照(CK) Non-shading	284.1±4.5 ab	284.7±6.1 ab	291.0±12.8 a

同一列内不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$) ; 平均值±标准差, $n=4$

2.2.4 遮光对茶鲜叶蒸青样中酚/氨的影响

与对照相比,夏秋季黑色和绿色遮阳网遮光可降低酚氨比,银白色遮阳网遮光增大了酚氨比;春季3种颜色的遮阳网处理均可降低酚氨比(表4)。夏季黑色和银白色遮阳网处理的酚氨比与对照间差异显著,黑色和绿色处理分别比对照低16.40%、8.09%,银白色处理比对照高21.49%;秋季不同颜色的处理与对照间差异性均达显著,黑色和绿色处理分别比对照低20.13%、11.79%,银白色处理比对照高9.71%;春季黑色和绿色处理与对照间差异显著,黑色、绿色和银白色处理分别比对照低31.82%、20.55%、6.63%。夏秋季经黑色和绿色遮阳网遮光后利于茶叶品质的形成,银白色处理不利于提高茶叶品质,各处理酚氨比值大小为银白色>CK>绿色>黑色;与对照相比,春季不同颜色遮阳网遮光处理均利于茶叶品质的提高。各处理酚氨比值大小为CK>银白色>绿色>黑色,此结果与不同季节氨基酸含量成负相关,与茶多酚含量成正相关,试验的3个季节中均以黑色遮阳网遮光效果最好。

表4 遮光对茶鲜叶蒸青样酚氨比的影响

Table 4 Effects of shading on TP/AA ratioin dried tea leaves

处理 Treatments	夏季 Summer	秋季 Autumn	春季 Spring
黑色遮阳网 Black net	11.67±0.58 c	11.11±0.21 c	6.17±0.14 c
绿色遮阳网 Green net	12.83±0.19 bc	12.27±0.55 c	7.19±0.11 b
银白色遮阳网 Silver gray net	16.96±0.55 a	15.26±0.29 a	8.45±0.03 a
对照(CK) Non-shading	13.96±0.47 b	13.91±0.49 b	9.05±0.47 a

同一列内不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$) ; 平均值±标准差, $n=4$

2.2.5 遮光对茶鲜叶蒸青样中咖啡碱含量的影响

夏季采用黑色遮阳网处理茶鲜叶中咖啡碱含量与对照间差异显著,黑色和绿色处理分别比对照高9.48%、0.22%,银白色处理比对照低2.80%;秋季黑色和银白色处理与对照间差异显著,黑色、绿色和银白色处理分别比对照高8.10%、2.35%、4.48%;春季黑色处理与对照间差异显著,黑色、绿色和银白色处理分别比对照高7.28%、2.87%、4.60%(表5)。与对照相比,夏季各颜色遮阳网遮光茶鲜叶中咖啡碱含量为黑色>绿色>CK>银白色;秋季和春季各颜色遮阳网遮光茶鲜叶中咖啡碱含量为黑色>银白色>绿色>CK。不同季节采用黑色遮阳网遮光,与对照相比均能显著提高茶叶中咖啡碱含量,而银白色和绿色遮阳网遮光对咖啡碱含量的影响不明显。

表5 遮光对茶鲜叶蒸青样中咖啡碱含量的影响/(mg/g)

Table 5 Effects of shading on theine content in dried tea leaves

处理 Treatments	夏季 Summer	秋季 Autumn	春季 Spring
黑色遮阳网 Black net	50.8±1.4 a	50.7±0.8 a	56.0±0.7 a
绿色遮阳网 Green net	46.5±4.6 b	48.0±0.8 bc	53.7±0.9 ab
银白色遮阳网 Silver gray net	45.1±1.1 b	49.0±0.7 ab	54.6±0.3 ab
对照(CK) Non-shading	46.4±1.0 b	46.9±0.6 c	52.2±1.7 b

同一列内不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$) ; 平均值±标准差, $n=4$

3 结论与讨论

3.1 遮光对茶叶品质和产量指标的影响

茶树为C₃叶用经济作物,生态习性喜荫喜湿,对光强要求不高,而对光质的要求却甚高,更能利用漫射光^[19]。茶树通过宽波长的辐射和温度体系控制自身的碳同化,作为光辐射的机制,多数碳同化的方式都是通过瞬时反应来增加和减少辐射量的^[20]。通过调控光辐射来改善茶树自身的碳代谢,利于茶树有机物的积累。茶树在进行光合作用时,光照强度影响了碳、氮代谢的比例,温度高低决定了光合作用的速度,正是这两方面的协调作用,导致了春、夏、秋茶品质上的差异。本研究表明,夏秋季对茶园进行遮光,黑色和绿色遮阳网均可不同程度地增加氨基酸和咖啡碱含量,降低茶多酚含量和酚氨比,这一结果与侯渝嘉等^[11]的研究一致,银白色遮阳网遮光不利于茶叶品质的形成,这一结论与李文金等^[21]的研究一致;春季不同颜色的遮阳网均可增加氨基酸和咖啡碱含量,降低茶多酚含量和酚氨比。酚氨比是影响绿茶滋味的主要因子,一般鲜叶的酚氨比为6—8适宜加工名优绿茶,8—13适宜加工高档绿茶,13—16适宜加工一般绿茶^[22]。本试验结果为夏秋茶经黑色和绿色遮阳网遮光后达到加工高档绿茶的要求(酚氨比为11.11—12.83),银白色处理(酚氨比分别为15.26、16.96)不利于提高茶叶品质;与对照处理茶鲜叶(酚氨比为9.05)只能制成高档绿茶相比,春茶经遮光处理后茶鲜叶均达到加工名优绿茶的要求(酚氨比为6.17—8.45)。与对照相比,不同颜色遮阳网遮光均能提高茶叶产量指标和新梢水分含量,说明遮光可以提高茶树的抗旱能力。与对照相比,遮光降低了水浸出物的含量,这可能与遮光降低茶多酚含量有关。综上所述,茶园遮光可明显提高绿茶品质,这一结论与Morita和Tuji、Hirai等对绿茶的相关研究一致^[5-6],张文锦、张应根等对乌龙茶研究^[23-25]中也有类似报道。

3.2 不同颜色遮阳网遮光对茶叶品质的影响幅度及可能原因

本研究表明,夏秋季各种颜色的遮阳网对提高茶叶品质的影响幅度为黑色>绿色>CK>银白色;春季各种颜色的遮阳网对提高茶叶品质的影响幅度为黑色>绿色>银白色>CK,因此从提高产量和品质的角度看,黑色遮阳网可更好的应用于实际生产中。夏秋季在中午温度较高时对茶园进行遮光,可降低茶园有害高温出现频率、减少有害高温对茶芽的灼伤^[17],改善茶树光合环境、有利于营养物质的积累,减少病虫害的发生、有利于茶叶产量的形成;春季对茶园进行遮阳网覆盖起到保温、防霜冻的作用,利于茶芽内质成分的形成,这可能也是春季银白色遮阳网遮光效果好于对照的原因。可见通过遮光可以从根本上改善夏秋茶的品质,利于提高成品茶口感的鲜爽度。

茶树的生长发育对不同光质反应不同。张顺高等^[26]对云南茶区光谱的研究认为,700nm以上波长的光能大部分是无效辐射,不能被茶树所利用,只是作为环境增温的热源。而不同颜色的遮阳网对茶叶品质的影响造成差异性的原因是由于茶树在进行光合作用时对光质有一定的选择性。不同色光对作物的生长起着不同的作用,例如:红色光有利于形成碳水化合物,蓝、紫色光有利于形成蛋白质和脂肪。也有研究认为,在相同的光量子通量密度下,叶片在红、蓝、紫色光下,光合作用量子效率最高,绿光下最低。茶树按吸收量占不同光谱投入比例衡量光谱选择吸收强度,选择吸收量最强的是蓝光,吸收量占60.8%,橙光占60.5%,红短光占56.1%,绿光占32.9%^[27]。因此,不同颜色的遮阳网对茶叶品质的影响可能与以下原因有关:黑色遮阳网可以透过各种波长的光,利于茶树进行光合作用,从而有利于茶叶品质的形成。绿色遮阳网透过较多的绿色光质,相对降低了植物对其它颜色光质的利用率。银白色遮阳网对太阳光具有较强的反射作用,不利于茶树对光质的选择吸收,因此,对提高光合作用不利。

3.3 加强茶园生态管理及茶园遮光管理中应注意的问题

茶园遮光是改善丘陵茶园夏秋季茶叶品质最有效的措施之一,但长期遮光对茶叶品质形成的影响应做进一步研究。在实际应用中,应根据茶园所处的地理位置与立地条件不同,茶树品种不同,光照强度等不同,确定最佳的遮光时期和遮光时间长短(遮光天数),选择适宜的遮光材料和最佳遮光程度,同时需要各地茶叶科研工作者和茶叶生产企业在不同区域开展茶园遮光试验,为不同地区茶叶生产提供科学依据。

茶树鲜叶质量的优劣会从根本上影响成品茶品质,光照、光质、温度、湿度、土壤水分、土壤养分及病虫害

等生态因子均不同程度影响茶鲜叶质量。亚热带丘陵茶园土壤贫瘠、保水保肥性能差,夏秋季多出现强光、高温和低湿天气,导致夏秋茶色泽差(叶绿素含量低)、苦涩味重(多酚类物质含量高)、鲜香等滋味不够(氨基酸含量低)。有报道显示,在茶园行间进行稻草覆盖、间种三叶草等也可改善茶园环境^[28-29],长期施菜子饼肥可改善茶园土壤环境^[30],建立人工复合茶园可改善夏秋茶园光环境^[31]。全面提升丘陵茶园茶叶品质,仅仅靠遮光等每一单项技术是远远不够的,须从开展茶园生态系统人工设计入手,通过建立林-茶-草人工复合茶园,开展茶树行间稻草覆盖,施用有机肥(如菜子饼肥)等生态管理措施,整体改善丘陵茶园生态环境,大幅度增加丘陵茶园优质茶鲜叶产量,才能获得丘陵茶园生态效益和经济效益的双赢。

References:

- [1] He L Z, Xiao X H, Tan J, Wang X F, Long J P. Effects of shading degree on seedling quality of *Taxux chinensis* var. *mairei*. *Hunan Agricultural Sciences*, 2010, (5): 134-135.
- [2] Chi W, Wang F R, Zhang C L. Changes of photosynthetic characteristics of strawberry leaf under shading. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(4): 566-568.
- [3] Ding X T, Jin H J, Zhang H M, Yu J Z. Effect of shading on growth and diurnal photosynthetic changes of four vegetables in glasshouse. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2010, 22(1): 51-56.
- [4] Zhao T T, Cai X. Physiological and biochemical characters of tea-plants with different shading degrees. *Hunan Agricultural Sciences*, 2010, (5): 38-41.
- [5] Hirai M, Yoshikoshi H, Wakimizu K, Nishimura Y, Kitano M, Sakaida T, Nitabaru J, Yoshioka T, Hayashi M. An improvement of thermal environment in the shade screen net house for production of green tea of high quality. *Science Bulletin of the Faculty of Agriculture Kyushu University*, 2008, 63(2): 179-186.
- [6] Morita A, Tuji M. Nitrate and oxalate contents of tea plants (*Camellia sinensis* L.) with special reference to types of green tea and effect of shading. *Soil Science and Plant Nutrition*, 2002, 48(4): 547-553.
- [7] Zhou Z K. Vertical eco-climatic layers in hilly regions of Zhejiang Province and tea production. *Journal of Ecology*, 1986, 5(4): 16-19.
- [8] Duan J Z, Guo S Y. Ecological study on tea plant in hilly regions. *Chinese Journal of Ecology*, 1991, 10(6): 19-23.
- [9] Wang C Y, Rong G M. Correlations of tea quality with altitude and ecological factors. *Chinese Journal of Ecology*, 1996, 15(1): 57-60.
- [10] Xiao R L, Li L. The ecological effect of mulching citrus orchard in red soil hilly region is studied. *Chinese Journal of Ecology*, 1996, 15(5): 16-22.
- [11] Hou Y J, Peng P, Li Z L, Hu X, Deng M, Jing T T, Wu X H. Effect of different shading intensity on tea quality in summer and autumn. *South China Agriculture*, 2008, 2(9): 12-14.
- [12] Tang H, Tang J C, Li J L. Synthetical effects of shading on tea plantation during the high-temperature and drought season. *Guangdong Agricultural Science*, 2008, (8): 26-29.
- [13] Barman T S, Baruah U, Saikia J K. Irradiance influences tea leaf (*Camellia sinensis* L.) photosynthesis and transpiration. *Photosynthetica*, 2008, 46(4): 618-621.
- [14] Bao J Q, Meng A D, Hu X C. Effect of shading on ecoclimate of tea plant. *Journal of Atmosphere*, 1987, 13(12): 44-48.
- [15] Guo M M, Yu J Z, Shi D L, Huang H T, Zhou T F. The comparative test of shading on tea plant during the summer and autumn season. *Journal of Tea*, 2009, 35(3): 150-151, 156-156.
- [16] Xiao R L, Wang J R, Tang Y, Liu Y S, Peng W X, Song T Q. Effects of covering with outer shading screens during hot-dry season in tea plantation. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(3): 251-255.
- [17] Yang W J, Chen H F, Zhu F Y, Hu M Q, Jiang D A. Low concentration of bisulfite enhances photosynthesis in tea tree by promoting carboxylation efficiency in leaves. *Photosynthetica*, 2008, 46(4): 615-617.
- [18] Zhou G L. The effect of different steaming time on main biochemical components of tea. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2009, 37(7): 199-200.
- [19] Zhang W J, Lin C L, Xiong M M. Research progress in shading efficiency for tea plants. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2007, 22(4): 457-460.
- [20] Barman T S, Baruah U, Saikia J K. Irradiance influences tea leaf (*Camellia sinensis* L.) photosynthesis and transpiration. *Photosynthetica*, 2008, 46(4): 618-621.
- [21] Li W J, Yang P X, Li X P. Effect of shading on tea endoplasm in tea garden. *China Tea*, 2003, (4): 19-20.
- [22] Yin J, Gao X F. Relationship between quality and content and composition of amino acid in Guizhou famous teas. *Guizhou Agricultural Sciences*,

- 1998, 26(1): 29-31.
- [23] Zhang W J, Chen C S, Zhang Y G, Zhang F Z, Liang Y R, Chen R B. Report on the effects of shading on the quality of summer oolong tea and its mechanism. *Science and Technology on Tea*, 2004, (1): 8-11.
- [24] Zhang W J, Liang Y R, Zhang F Z, Chen C S, Zhang Y G, Chen R B, Weng B Q. Effects on the yield and quality of oolong tea by covering with shading net. *Journal of Tea Science*, 2004, 24(4): 276-282.
- [25] Zhang Y G, Chen C S, Zhang F Z, Zhang W J. Effect of shading on leaves' condition of oolong tea varieties in the hot summer. *Science and Technology on Tea*, 2004, (3): 12-14.
- [26] Zhang S G, Zhong L S, Shan Y, Shou B Y, Liang F M. Expedition and research on solar spectrum of different latitude and altitude in Yunnan tea garden. *China Tea*, 1994, (6): 2-4.
- [27] Tong Q Q, Luo Y P, Cai X, Luo J W, Duan J Z. *Cultivation of Tea Plant*. Beijing: China Agriculture Press, 2006: 75-77.
- [28] Peng W X, Song T Q, Xiao R L, Yang Z J, Wang J R, Li S H, Xia Y J. Effects of mulching and intercropping on temporal-spatial variation of soil temperature in tea plantation in subtropical hilly region. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(5): 778-782.
- [29] Xu H Q, Xiao R L, Song T Q. Effects of different fertilization on microbial biomass carbon from the red soil in tea garden. *Frontiers of Agriculture in China*, 2008, 2(4): 418-422.
- [30] Shan W X, Luo W, Xiao R L, He Q H, Chen P, Xu H Q. Effect of 5-year rapeseed cake fertilization and straw mulching on tea plantation soil ecosystem. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2010, 18(3): 472-476.
- [31] Dong C S, Xiao R L, Peng W X, Peng P Q. Ecological and economic effects of tea-Chinese fir complex plantation in hilly red soil of subtropical region. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2006, 14(2): 198-202.

参考文献:

- [1] 贺利中,肖小辉,谭坚,王小峰,龙建平.遮荫强度对南方红豆杉苗木质量影响的研究.湖南农业科学,2010,(5): 134-135.
- [2] 迟伟,王富荣,张成林.遮荫条件下草莓的光合特性变化.应用生态学报,2001,12(4): 566-568.
- [3] 丁小涛,金海军,张红梅,余纪柱.遮荫处理对温室四种蔬菜生长及光合作用日变化的影响.浙江农业学报,2010,22(1): 51-56.
- [4] 赵甜甜,蔡新.不同遮荫度下茶树生理生化特性的研究.湖南农业科学,2010,(5): 38-41.
- [7] 州子康.浙江丘陵山地茶树生态气候的垂直层和茶叶生产.生态学杂志,1986,5(4): 16-19.
- [8] 段建真,郭素英.丘陵地区茶树生态的研究.生态学杂志,1991,10(6): 19-23.
- [9] 汪春园,荣光明.茶叶品质与海拔高度及其生态因子的关系.生态学杂志,1996,15(1): 57-60.
- [10] 肖润林,李玲.红壤旱坡地桔园覆盖的生态效应及经济效益评价.生态学杂志,1996,15(5): 16-22.
- [11] 侯渝嘉,彭萍,李中林,胡翔,邓敏,敬廷桃,邬秀红.不同遮荫水平对夏秋季茶叶原料品质的影响.南方农业,2008,2(9): 12-14.
- [12] 唐颤,唐劲驰,黎健龙.高温干旱季节茶园覆盖遮荫的综合效应研究.广东农业科学,2008,(8): 26-29.
- [14] 鲍继骞,孟爱德,胡锡超.茶树遮荫的生态气候效应.气象,1987,13(12): 44-48.
- [15] 郭敏明,余继忠,师大亮,黄海涛,周铁锋.夏秋季茶园覆盖遮荫比较试验.茶叶,2009,35(3): 150-151, 156-156.
- [16] 肖润林,王久荣,汤宇,刘永胜,彭晚霞,宋同清.高温干旱季节遮阳网覆盖对茶园温湿度和茶树生理的影响.生态学杂志,2005,24(3): 251-255.
- [18] 周国兰.蒸青固样方式对茶叶主要生化成分的影响.贵州农业科学,2009,37(7): 199-200.
- [19] 张文锦,林春莲,熊明民.茶树遮荫效应研究进展.福建农业学报,2007,22(4): 457-460.
- [21] 李文金,杨普香,黎小萍.茶园遮荫对茶树新梢内含成分的影响.中国茶叶,2003,(4): 19-20.
- [22] 尹杰,高相福.贵州名茶氨基酸含量及组成与品质的关系.贵州农业科学,1998,26(1): 29-31.
- [23] 张文锦,陈常颂,张应根,张方舟,梁月荣,陈荣冰.遮荫对夏暑乌龙茶品质的影响及其机理研究报告——茶园遮荫生态效应研究.茶叶科学技术,2004,(1): 8-11.
- [24] 张文锦,梁月荣,张方舟,陈常颂,张应根,陈荣冰,翁伯奇.覆盖遮荫对乌龙茶产量、品质的影响.茶叶科学,2004,24(4): 276-282.
- [25] 张应根,陈常颂,张方舟,张文锦.遮荫对夏暑乌龙茶叶片状态的影响.茶叶科学技术,2004,(3): 12-14.
- [26] 张顺高,钟铃声,单勇,寿陛阳,梁凤铭.云南茶区不同纬度和海拔高度太阳光谱的考察与研究.中国茶叶,1994,(6): 2-4.
- [27] 童启庆,骆耀平,蔡新,罗军武,段建真.茶树栽培学.北京:中国农业出版社,2006: 75-77.
- [28] 彭晚霞,宋同清,肖润林,杨知建,王久荣,李盛华,夏艳珺.覆盖与间作对亚热带丘陵茶园地温时空变化的影响.应用生态学报,2006,17(5): 778-782.
- [30] 单武雄,罗文,肖润林,何秋虹,陈佩,徐华勤.连续5年施菜子饼肥和稻草覆盖对茶园土壤生态系统的影响.中国生态农业学报,2010,18(3): 472-476.
- [31] 董成森,肖润林,彭晚霞,彭佩钦.亚热带红壤丘陵茶区茶-杉复合系统生态经济效应探析.中国生态农业学报,2006,14(2): 198-202.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31 ,No. 16 August, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

- A comparative study on the diversity of rhizospheric bacteria community structure in constructed wetland and natural wetland with reed domination WANG Zhongqiong, WANG Weidong, ZHU Guibing, et al (4489)
- Light response of photosynthesis and its simulation in leaves of *Prunus sibirica* L. under different soil water conditions LANG Ying, ZHANG Guangcan, ZHANG Zhengkun, et al (4499)
- Effects of colour shading on the yield and main biochemical components of summer-autumn tea and spring tea in a hilly tea field QIN Zhimin, FU Xiaoqing, XIAO Runlin, et al (4509)
- Effects of cadmium on the contents of phytohormones, photosynthetic performance and fluorescent characteristics in tobacco leaves WU Kun, WU Zhonghong, TAI Fujie, et al (4517)
- Comparative physiological responses of cadmium stress on *Enteromorpha clathrata* and *Enteromorpha linza* JIANG Heping, ZHENG Qingsong, ZHU Ming, et al (4525)
- Effects of salt stress on glucosinolate contents in *Arabidopsis thaliana* and *Thellungiella halophila* rosette leaves PANG Qiuying, CHEN Sixue, YU Tao, et al (4534)
- Effects of long-term double-rice and green manure rotation on rice yield and soil organic matter in paddy field GAO Jusheng, CAO Weidong, LI Dongchu, et al (4542)
- Nitrogen balance in the farmland system based on water balance in Hetao irrigation district, Inner Mongolia DU Jun, YANG Peiling, LI Yunkai, et al (4549)
- Seed characteristics and seedling growth of *Spartina alterniflora* on coastal wetland of North Jiangsu XU Weiwei, WANG Guoxiang, LIU Jin'e, et al (4560)
- Assessment of non-point source pollution export from Zigui county in the Three Gorges Reservoir area using the AnnAGNPS model TIAN Yaowu, HUANG Zhilin, XIAO Wenfa (4568)
- Effects of Cadmium pollution on oxidative stress and metallothionein content in *Pirata subpiraticus* (Araneae: Lycosidae) in different habitats ZHANG Zhengtian, PANG Zhenling, XIA Min, et al (4579)
- The distribution of size-fractionated chlorophyll a in the Indian Ocean South Equatorial Current ZHOU Yadong, WANG Chunsheng, WANG Xiaogu, et al (4586)
- Change of waterbird community structure after the intertidal mudflat reclamation in the Yangtze River Mouth: a case study of NanHui Dongtan area ZHANG Bin, YUAN Xiao, PEI Enle, et al (4599)
- Application of fish assemblage integrity index(FAII) in the environment quality assessment of surf zone of Yangtze River estuary MAO Chengze, ZHONG Junsheng, JIANG Rijin, et al (4609)
- Population age structure of Antarctic krill *Euphausia superba* off the northern Antarctic Peninsula based on fishery survey ZHU Guoping, WU Qiang, FENG Chunlei, et al (4620)
- Validation and adaptability evaluation of rice growth model ORYZA2000 in double cropping rice area of Hunan Province MO Zhihong, FENG Liping, ZOU Haiping, et al (4628)
- Coupled energy and carbon balance analysis under dryland tillage systems WANG Xiaobin, WANG Yan, DAI Kuai, et al (4638)
- The nitrate-nitrogen leaching amount in paddy winter-spring fallow period WANG Yongsheng, YANG Shiqi (4653)
- The sources of organic carbon and nitrogen in sediment of Taihu Lake NI Zhaokui, LI Yuejin, WANG Shengrui, et al (4661)
- Effect of partial solar eclipse on airborne culturable bacterial community in Urumqi MA Jing, SUN Jian, ZHANG Tao, et al (4671)
- Comparative study on density related intra- and inter-specific effects in *Laodelphax striatellus* (Fallen) and *Nilaparvata lugens* (Stål) LÜ Jin, CAO Tingting, WANG Liping, et al (4680)
- Behavior rhythm and seasonal variation of time budget of sun bear (*Helarctos malayanus*) in captivity LAN Cunzi, LIU Zhenheng, WANG Aishan, et al (4689)
- Disturbance regimes and gaps characteristics of the desert riparian forest at the middle reaches of Tarim River HAN Lu, WANG Haizhen, CHEN Jiali, et al (4699)
- Death causes and conservation strategies of the annual regenerated seedlings of rare plant, *Bretschneidera sinensis* QIAO Qi, QIN Xinsheng, XING Fuwu, et al (4709)
- Effects of municipal compost extracted complex microbial communities on physio-ecological characteristics of turfgrass under drought stress DUO Lian, WANG Jingjing, ZHAO Shulan (4717)
- Spatiotemporal relationship of leaf area index simulated by CLM3.0-DGVM and climatic factors SHAO Pu, ZENG Xiaodong (4725)
- Analysis of circular economy of Liaoning Province based on eco-efficiency HAN Ruiling, TONG Lianjun, SONG Yanan (4732)
- Review and Monograph**
- The fungal to bacterial ratio in soil food webs, and its measurement CAO Zhiping, LI Depeng, HAN Xuemei (4741)
- Indicators for evaluating sustainable communities: a review ZHOU Chuanbin, DAI Xin, WANG Rusong, et al (4749)
- Discussion**
- Differential expression of *PAL* multigene family in allelopathic rice and its counterpart exposed to stressful conditions FANG Changxun, WANG Qingshui, YU Yan, et al (4760)
- Scientific Note**
- Ecology study on the benthic animals of QinZhou Bay WANG Di, CHEN Pimao, MA Yuan (4768)
- Change characteristics of soil carbon and nitrogen contents in the Yellow River Delta soil after artificial restoration DONG Kaikai, WANG Hui, YANG Liyuan, et al (4778)
- Estimation and spatial pattern analysis of forest biomass in Fenglin Nature Reserve based on Geostatistics LIU Xiaomei, BU Rencang, DENG Huawei, et al (4783)
- Study on sap flow in forest of *Quercus liaotungensis* and *Populus davidiana* by using the TDP method SUI Xuhong, ZHANG Jianjun, WEN Wanrong (4791)
- N_2O Emission and its driving factors from typical marsh and shrub swamp in Xiaoxing'an Mountains, Northeast China SHI Lanying, MU Changcheng, TIAN Xinmin, et al (4799)

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

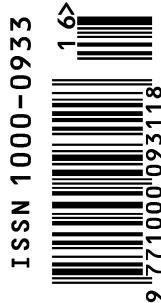
编辑部主任 孔红梅

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 16 期 (2011 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 16 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