

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 22 期 Vol.33 No.22 **2013**

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 33 卷 第 22 期 2013 年 11 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 利用分布有/无数据预测物种空间分布的研究方法综述 刘芳,李晟,李迪强 (7047)
- 景观服务研究进展 刘文平,宇振荣 (7058)
- 土壤呼吸组分分离技术研究进展 陈敏鹏,夏旭,李银坤,等 (7067)

个体与基础生态

- 平茬高度对四合木生长及生理特性的影响 王震,张利文,虞毅,等 (7078)
- 不同水分梯度下珍稀植物四数木的光合特性及对变化光强的响应 邓云,陈辉,杨小飞,等 (7088)
- 水稻主茎节位分蘖及生产力补偿能力 隗溟,李冬霞 (7098)
- 基于辐热积法模拟烤烟叶面积与烟叶干物质产量 张明达,李蒙,胡雪琼,等 (7108)
- 耕作方式和秸秆还田对华北地区农田土壤水稳性团聚体分布及稳定性的影响 田慎重,王瑜,李娜,等 (7116)
- 不同光照强度下兴安落叶松对舞毒蛾幼虫生长发育及防御酶的影响 鲁艺芳,严俊鑫,李霜雯,等 (7125)
- 南方小花蝽在不同空间及笼罩条件下对西花蓟马的控制作用 莫利锋,鄧军锐,田甜 (7132)
- 浮游植物对溶解态 AI 的清除作用实验研究 王召伟,任景玲,闫丽,等 (7140)
- 卧龙巴郎山川滇高山栎群落植物叶特性海拔梯度特征 刘兴良,何飞,樊华,等 (7148)
- 春夏季闽江口和兴化湾虾类数量特征 徐兆礼,孙岳 (7157)
- 啃食性端足类强壮藻钩虾对贫筲湖三种大型海藻的摄食选择性 郑新庆,黄凌风,李元超,等 (7166)

种群、群落和生态系统

- 4 种农业措施对三化螟种群动态的控制作用 张振飞,黄炳超,肖汉祥,等 (7173)
- 黄土高原沟壑区森林带不同植物群落土壤氮素含量及其转化 邢肖毅,黄懿梅,安韶山,等 (7181)
- 基于诊断学的生态系统健康评价 蔡霞,徐颂军,陈善浩,等 (7190)
- 稻田生态系统中植硅体的产生与积累——以嘉兴稻田为例 李自民,宋照亮,姜培坤 (7197)
- 自由搜索算法的投影寻踪模型在湿地芦苇调查中的应用 李新虎,赵成义 (7204)
- 贺兰山不同海拔典型植被带土壤微生物多样性 刘秉儒,张秀珍,胡天华,等 (7211)
- 内蒙古典型草原灌丛化对生物量和生物多样性的影响 彭海英,李小雁,童绍玉 (7221)
- 黄土丘陵沟壑区 80 种植物繁殖体形态特征及其物种分布 王东丽,张小彦,焦菊英,等 (7230)
- 基于 MAXENT 模型的贺兰山岩羊生境适宜性评价 刘振生,高惠,滕丽微,等 (7243)
- 太湖湖岸带浮游植物初级生产力特征及影响因素 蔡琳琳,朱广伟,李向阳 (7250)

景观、区域和全球生态

- 艾比湖地区土壤呼吸对季节性冻土厚度变化的响应…………… 秦 璐,吕光辉,何学敏,等 (7259)
- 田间条件下黑垆土基础呼吸的季节和年际变化特征…………… 张彦军,郭胜利,刘庆芳,等 (7270)

资源与产业生态

- 光核桃遗传资源的经济价值评估与保护 …………… 张丽荣,孟 锐,路国彬 (7277)
- 棉花节水灌溉气象等级指标…………… 肖晶晶,霍治国,姚益平,等 (7288)

研究简报

- 云南红豆杉人工林萌枝特性…………… 苏 磊,苏建荣,刘万德,等 (7300)
- 赣中亚热带森林转换对土壤氮素矿化及有效性的影响…………… 宋庆妮,杨清培,余定坤,等 (7309)

学术信息与动态

- 2013 年 European Geosciences Union 国际会议述评 …………… 钟莉娜,赵文武 (7319)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 276 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 30 * 2013-11



封面图说: 山坡岩羊图——岩羊属国家二级保护动物,因喜攀登岩峰而得名,又名石羊。贺兰山岩羊主要分布于海拔 1500—2300m 的山势陡峭地带,羊群多以 2—10 只小群为主。生境适宜区主要为贺兰山东坡(宁夏贺兰山国家级自然保护区)的西南部,而贺兰山西坡(内蒙古贺兰山国家级自然保护区)也有少量分布。贺兰山建立国家级自然保护区以来,随着保护区环境的不断改善,这里岩羊的数量也开始急剧增长,每平方公里的分布数量现居世界之首,岩羊的活动范围也相应扩大到低山 900 米处的河谷。贺兰山岩羊生境选择的主要影响因子为海拔、坡度及植被。

彩图及图说提供:陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201208131138

张明达, 李蒙, 胡雪琼, 李晓燕, 朱勇. 基于辐热积法模拟烤烟叶面积与烟叶干物质产量. 生态学报, 2013, 33(22): 7108-7115.

Zhang M D, Li M, Hu X Q, Li X Y, Zhu Y. Simulation of leaf area and dry matter production of tobacco leaves based on product of thermal effectiveness and photosynthetically active radiation. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(22): 7108-7115.

基于辐热积法模拟烤烟叶面积与烟叶干物质产量

张明达¹, 李 蒙¹, 胡雪琼¹, 李晓燕², 朱 勇^{1,*}

(1. 云南省气候中心, 昆明 650034; 2. 云南省昭通农业气象试验站, 昭通 657000)

摘要: 烟叶叶面积增长与干物质累积是烤烟产量形成的主要部分, 对品质的形成也有影响。根据气温和光照对烤烟叶片生长和干物质累积的影响, 基于辐热积理论建立了适用于不同烟区的烤烟叶面积模型和干物质累积模型, 分别使用独立的试验数据建模及对模型进行检验, 再通过多年次烟叶干重试验数据对模型进行检验。结果表明, 与传统的预测方法相比, 用辐热积模型获得的叶面积模拟值与实测值间 1:1 线的决定系数(R^2)和 RMSE 值为 0.9634 和 0.1653 m²/株, 预测精度比 SLA 法和 GDD 法分别提高了 93% 和 82%。模型对叶干重模拟的 RMSE 值为 27.1 g/m², 用历年玉溪试验数据检验的 RE 值为 24.5%, 说明模型的拟合度和可靠性较好。建立的模型能够利用气温、日照等常规气象观测数据, 动态预测烤烟叶面积增长和干物质累积, 且模型参数少, 符合度好, 实用性强, 可以为烤烟生产中的产量预测提供理论依据和决策支持。

关键词: 烤烟; 辐热积; 叶面积; 干物质累积; 模拟模型

Simulation of leaf area and dry matter production of tobacco leaves based on product of thermal effectiveness and photosynthetically active radiation

ZHANG Mingda¹, LI Meng¹, HU Xueqiong¹, LI Xiaoyan², ZHU Yong^{1,*}

1 Yunnan Climate Center, Kunming 650034, China

2 Agrometeorological Station of Zhaotong, Zhaotong 657000, China

Abstract: With respect to planting area and total production, tobacco is one of the world's most important economic crops. Because this crop plant prefers warmth and full sunlight, temperature and solar conditions are widely viewed as the most important factors affecting tobacco quality and yield. Change in leaf area is an important indicator of tobacco growth and yield prediction, and the amount of dry matter accumulating in leaves directly affects yield and indirectly influences quality. In this study, we used a crop growth framework with environmental conditions as driving variables to establish a dynamic mathematical model describing the relationship between temperature, radiation, photosynthetic production, and yield. The two-year study was carried out during 2010 and 2011 in an experimental field using planting conditions optimal for typical tobacco cultivars such as Yuxi and Zhaotong. For the study, we used the tobacco cultivar K326. Based on theoretical photothermal production and experimental data obtained for the effect of temperature and illumination on tobacco leaf growth and dry matter, we established models to explain tobacco leaf area growth and dry matter accumulation applicable to different tobacco-growing areas. We quantified temperature and illumination effects on leaf area growth using the indicators of relative thermal effectiveness and photosynthetically active radiation, and then verified the models by using tobacco leaf area and dry weight simulated data based on temperature and illumination observations from 1989—2011 and independent experimental data. The change in tobacco leaf area by growth period was fitted to a general logistic growth curve using

基金项目: 公益性行业科技专项资助项目(GYHY200906023); 公益性行业科研专项资助项目(GYHY200906021)

收稿日期: 2012-08-13; 修订日期: 2013-03-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhuyong78@hotmail.com

Sigmaplot software after corrections for correlated parameters. Curve fitting for tobacco leaf dry weight data vs. growing degree day (GDD) was performed using SPSS software. Using our model based on thermal effectiveness and photosynthetically active radiation, R^2 and RMSE between predicted and independent experimental leaf area data according to the 1:1 straight line were 0.9634 and 0.1653 m² per plant, respectively. Corresponding values of 0.5625 and 2.1627 m² per plant were obtained using a specific leaf area (SLA) model, whereas values of 0.8321 and 0.9249 m² per plant were calculated for predicted vs. experimental data using a GDD-based model. Compared with analyses of tobacco leaf area carried out using SLA and GDD models, results obtained using the TEP model were more accurate by 93% and 82%, respectively. The RMSE value for leaf dry weight calculated using our model was 27.1 g/m². With respect to dry matter accumulation, the degree of fit for simulated and actual observed data was 0.907 and 0.982, respectively, with a RE of 24.5% for the Yuxi tobacco test data over the years of the study. By taking advantage of conventional meteorological observational data, such as that for temperature and sunlight, our model is able to actively predict tobacco leaf area growth and dry matter accumulation. By comprehensively analyzing temperature and light as two key factors affecting crop growth, the model avoids the disadvantages of previous models that inadequately consider temperature and light effects. Our model well explains the crop growth S-curve and is able to relatively accurately predict dry weight during the mature period. This model can consequently provide a theoretical basis for decisions related to tobacco yield prediction, and is thus of great importance for enhancement of economic and ecological benefits of tobacco production in China. Light effects input into this model were based on monthly illumination values, resulting in lowered accuracy of accumulative light effects. Because dry weight data was not adequately used, the analysis of the accumulation process was not fully satisfactory. In addition, it was not possible to accurately simulate effects on dry weight for some years because of the influence of the transplanting period on tobacco growth and dry matter accumulation, leading to large simulation deviations in the medium-term growth period. As a consequence, more test data are needed to enhance accuracy and general applicability of our model.

Key Words: flue-cured tobacco; product of thermal effectiveness and PAR; leaf area; dry matter accumulation; Simulation model

烤烟是我国主要的经济作物之一,种植面积和总产量均居世界首位^[1]。作为喜温、喜光型作物,温度条件和日照条件被广泛证明是烤烟产量和品质形成的最重要影响因子^[2-3]。叶面积变化是表征烤烟长势和产量预测的重要指标^[4-5],烟叶干物质积累量直接影响烟叶的产量,对烟叶品质的形成也有间接影响^[6-7]。前人关于气象条件与烤烟产量关系的研究主要集中在移栽期时间、施肥方式、种植密度及水分胁迫等方面,对烟叶干物质累积和产量进行预测的研究并不多见,且模型开发较早,机理解释性较差^[8-10],建立具有高普适性和准确性的烤烟干物质累积模型对提高我国烤烟生产的经济和生态效益都具有重要意义。

烟叶是烤烟经济产量的主要部分,烤烟产量形成的过程就是烟株叶面积增长、烟叶干物质累积的过程,通过定量分析烟叶干物质累积动态特征可以实现烤烟生长发育与产量预测。在烟株生长过程中,单株叶面积的增长主要受温度和辐射的影响,叶面积的大小表征为叶片光合作用面的大小,而光合作用过程则直接影响干物质的积累量。本研究基于作物生长模型,以环境条件为驱动变量,建立温度及辐射与光合生产和产量形成的动态数学模型,对烤烟单株叶面积、干物质累积和烟叶产量形成及其与气象条件的关系进行逐日动态数值模拟,并利用推导出来的特征参数定量分析烟叶叶面积增长和干物质累积动态特征,在此基础上,建立基于综合光温指标的烟叶干物质生产模型,为预测烤烟产量提供一种科学简便的途径。

1 资料及方法

1.1 试验设计

试验分为 2 个部分,分别用于建立模拟模型和对模型的有效性进行验证。试验地为种植条件好、具有典型代表性的烤烟生产示范基地^[11-12],供试烤烟品种为 K326(*Nicotiana tabacum* L.),该品种于 1989 年被审定为

全国推广良种,目前为云南省的主栽烤烟品种,试验于 2010 及 2011 年连续两年烤烟生长季进行。试验地根据水分条件状况分别做了 3 个梯度,各生育期出现的时间,气象灾害、病虫害及田间管理活动逐日进行记录,定期进行土壤湿度、叶面积、干物质测定及生长状况测定。选用 1989—2011 年玉溪市连续观测烤烟单株叶干重数据进行模型检验,通过实测值与模拟值的比较验证模型的拟合度和可靠性。温度和日照数据取自试验地附近的气象站。

建模资料为试验 1,玉溪市红塔区(24°18'N,102°29'E,海拔 1630 m)试验田,土壤质地为中壤土,土壤肥力中等,耕作制度为“油菜-水稻-烟草”轮作,行穴距为 125 cm×60 cm 种植。其中,2010 年为 4 月 25 日移栽,6 月 23 日现蕾,7 月 8 日进入工艺成熟,2011 年为 4 月 20 日移栽,6 月 14 日现蕾,7 月 11 日进入工艺成熟;验证资料为试验 2,昭通市昭阳区(27°14'N,103°44'E,海拔 1960 m)试验田,土壤质地为沙壤土,土壤肥力中上等,耕作制度为“玉米-烟草”轮作,行穴距为 125 cm×60 cm 种植。其中,2010 年为 5 月 9 日移栽,7 月 3 日现蕾,7 月 25 日进入工艺成熟,2011 年为 5 月 4 日移栽,7 月 18 日现蕾,8 月 3 日进入工艺成熟。

1.2 烟株干重、叶面积测定

单株叶面积及干物质重量测定于烤烟移栽期后开始,每隔 15d 进行一次破坏性整株取样,直至烟叶进入工艺成熟期。每次选 6 株长势一致、能代表正常生长的烟株进行测量。采取整株进行观察,洗净,晾干,分部位称量叶、叶柄、茎干的鲜重(精确至 0.1g),在烘箱中 105 ℃ 杀青 20 min,再在 80 ℃ 下烘至恒重并称量各部位干重(两次间隔的差值不超过 0.1 g),计算干物质含量。烤烟叶面积为取样的全株单叶叶面积累加,叶面积计算如公式(1),其中 A_i 为单叶叶面积(cm^2), L 和 W 分别为叶片的最大长度(cm)和最大宽度(cm), k 为叶面积校正系数,取值 0.6345^[13]:

$$A_i = k \times L \times W \quad (1)$$

1.3 模型检验

采用回归估计标准误差 RMSE(Root Mean Square Error)和相对误差 RE(Relative Estimation Error)对模拟值和观测值的符合度进行分析。RMSE 值越小,表明模拟值与实测值的一致性越好,模型预测精度越高,结果越准确。RE 值小于 10%时,表明模拟值与预测值一致性非常好,在 10%—20%之间为较好,在 20%—30%之间表明模拟效果一般,大于 30%则表明模拟值与实际值偏差大,模拟效果较差:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\text{OBS}_i - \text{SIM}_i)^2}{N}} \quad (2)$$

$$\text{RE} = \text{RMSE} \times \frac{100}{\bar{O}} \quad (3)$$

式中, SIM_i 、 OBS_i 和 N 分别表示模型预测值、试验观测值和总样本容量, i 为观测值和模拟值的样本序号, $\bar{O}$ 为实测值的平均值。

2 模型的构建

2.1 相对辐热积(RTE)的计算

烟草原产于热带和亚热带,温度和辐射是影响植物叶片生长和干物质累积的两个最重要的环境因子^[14],充足的光照和适度的高温均有利于烟叶生长和干物质生产与积累。在温暖条件下烟叶生长最快,低温会引起烟株发育提前,出现早花;日光充分时,烟叶生长旺盛、叶厚茎粗,光照不足将导致干物质累积减慢,叶片生长不良。烟叶的出生和伸展均由热效应和辐射效应决定,进而对烤烟的单株叶面积和叶干重产生影响。这里使用辐热积的方法,来定量计算光温对叶片生长的影响,用生理热效应(RTE)和光合有效辐射(PAR)分别表示温度效应和辐射效应,两项的乘积即为辐热积,建立基于生理辐热积的叶面积模型和干物质累积模型^[15]。

生理热效应指作物在实际温度条件下生长单位时间与作物在最适宜温度条件下生长单位时间的比例,由作物在生育过程中对温度的非线性反应决定,可以视为相对最适温度条件的热效应因子与实际温度的关系,高于或低于最适温度的反应皆不相同。本模型采用分段线性函数法描述每日生理热效应:

$$\text{RTE}(T) = \begin{cases} 0 & (T < T_b) \\ (T - T_b)/(T_{ob} - T_b) & (T_b \leq T < T_{ob}) \\ 1 & (T_{ob} \leq T \leq T_{ou}) \\ (T_m - T)/(T_m - T_{ou}) & (T_{ou} \leq T < T_m) \\ 0 & (T_m < T) \end{cases} \quad (4)$$

式中, $\text{RTE}(T)$ 表示平均温度为 T 时的生理热效应, 取值范围为 0—1; T_b 为发育的下限温度, 低于这一温度时, 烟叶的发育速率为 0; T_m 为发育的上限温度, 超过这一温度, 烟叶停止发育; T_{ob} 为发育的最适温度下限, T_{ou} 为发育的最适温度上限。烤烟各生育期三基点温度^[16](表 1)。

表 1 烤烟不同生育期的生长三基点温度

Table 1 Minimum, optimum and maximum temperature of tobacco at different development stages

生育期 Development stages	最低温度 Maximum temperature/°C	最适温度下限 Optimum minimum temperature/°C	最适温度上限 Optimum maximum temperature/°C	最高温度 Maximum temperatur/°C
播种-出苗期 Sowing-Seedling	10	20	25	30
出苗-成苗期 Seedling-Survival	10	20	25	30
移栽-团棵期 Transplant-Rosette	13	20	25	35
团棵-现蕾期 Rosette-Flowering	13	20	28	35
现蕾-采收期 Flowering-Harvesting	17	20	24	35

2.2 光合有效辐射(PAR)的计算

适宜温度条件下, 光强的增加有利于提高光合作用, 提高干物质累积, 光照不足时, 烟株茎秆变细, 叶片的长宽比增加, 叶片数减少, 出叶速度变慢, 干物重逐渐减少^[17]。太阳总辐射与日照时数之间具有较好的比例关系, 根据 Angström 公式(公式 5) 计算, 某地的太阳总辐射(R_o) 与该地区的天空辐射(R_a)、理论日照时数(DL) 及实际日照时数(h) 呈一定的比例关系, 本研究中的天空辐射及理论日照时数数据均取自联合国粮农组织(FAO) 公布数据, 实际日照时数数据取自附近气象站点, 如表 2 所示。

表 2 玉溪逐月理论辐射及理论日照时数表

Table 2 Monthly theory radiation and sunshine hours in Yuxi

月份 Month	理论辐射/(MJ·m ⁻² ·d ⁻¹) extraterrestrial radiation	理论日照时数/h Mean daylight hours	月份 Month	理论日照时数/h Mean daylight hours	理论辐射/(MJ·m ⁻² ·d) extraterrestrial radiation
4	37.6	12.6	7	39.9	13.3
5	39.7	13.2	8	38.3	12.8
6	40.3	13.5	9	34.9	12.1

$$R_o = R_a \times (0.146 + 0.559 \times h/\text{DL}) \quad (5)$$

光合有效辐射是太阳总辐射中能被植物光合作用所利用的部分, 本研究通过计算太阳总辐射值来换算光合有效辐射。通常用于模拟光合有效辐射和太阳总辐射的经验公式可计算为公式(6), 由于云南地处低纬高原, 所以 η 取值为 0.41^[18], 式中 PAR 为一天内平均每小时的光合有效辐射($\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), R_o 是该小时内平均太阳总辐射($\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$):

$$\text{PAR} = \eta \times R_o \quad (6)$$

2.3 累积辐热积(TEP)的计算

由前述公式(4)到公式(7), 分别求出了每日相对辐热积(RTEP)和每日光合有效辐射(PAR), 则第 i 日的相对辐热积为公式(7), 累积辐热积由每日相对辐热积 RTEP 逐日累加而来, 即第 i 天的累积辐热积为当日相对辐热积与前 $i-1$ 天的累加, 如公式(8):

$$\text{RTEP}_{(i)} = \text{RTE}_{(i)} \times \text{PAR}_{(i)} / 10^6 \quad (7)$$

$$\text{TEP}_{(i)} = \text{TEP}_{(i-1)} + \text{RTEP}_{(i)} \quad (8)$$

2.4 叶面积模型

常用叶面积模型有 3 种^[19]: (1) 利用统计方法建立叶面积指数与有效积温的函数模拟叶面积指数法 (GDD); (2) 利用作物生长模型模拟的叶干重质量与比叶面积的乘积得到叶面积的比叶面积法 (SLA); (3) 综合利用光温指标预测作物叶面积随生育期动态变化的辐射积法 (TEP)。其中, GDD 法忽略了辐射对叶面积影响, SLA 法除受光照与生育时期影响外, 还对作物肥水供应状况敏感, 只适合在根系环境 (水肥) 控制很好的条件下, 本研究使用 TEP 法对烟株叶面积进行模拟。研究表明, 烤烟从播种到移栽期之前, 叶的生长极为缓慢; 移栽还苗期后, 叶的生长开始加快, 每隔 2—3d 就出现 1 片新叶; 团棵期后, 烤烟叶片数和叶面积都加速增长; 在接近现蕾期时, 叶片发育速度达到最快, 现蕾期后生长速度减慢。烤烟叶面积随生育期的变化与经典的 Logistic 模型形式不尽相同, 而经过修正参数和关系式的普适增长模型拟合效果较好^[20]。利用试验 1 数据对叶面积进行曲线拟合, 拟合工具使用 Sigmaplot 软件, 得到烤烟单株叶面积与累积辐射积的关系 (图 1), R^2 值为 0.9996, 如公式 (9):

$$\text{LA} = -442.05 + \frac{13565.56}{1 + \text{EXP}^{-\left(\frac{\text{TEP} - 238.18}{599.23}\right)}} \quad (9)$$

2.5 干物质累积模型

烤烟干重累积与分配均呈前期慢、中期快、后期减慢的“S”型生长曲线^[21-22], 符合 Logistic 方程 $Y = 1 / (1 / (U + b_0 \cdot b_1^x))$ 对干物质累积量的曲线拟合。式中 U, b_0, b_1 为模型参数, Y 为干物重模拟值, x 为累积辐射积。根据试验 1 资料, 利用公式 (4) 到公式 (8) 对烤烟叶干重及累积辐射积数据进行曲线拟合, 拟合工具使用 SPSS 软件, 得到烤烟叶干重与累积辐射积的关系 (图 1)。建立烟叶干物质积累随光温效应变化的模型, 得到干物重随累积辐射积的变化的公式 (10), 式中, DW 表示总干重 (g/m^2), TEP 表示从播种到观测日的累积辐射积, 相关系数达 0.939。

$$\text{DW} = 1 / (1 / 203.42 + 7.451 \times 0.997 \text{TEP}) \quad (10)$$

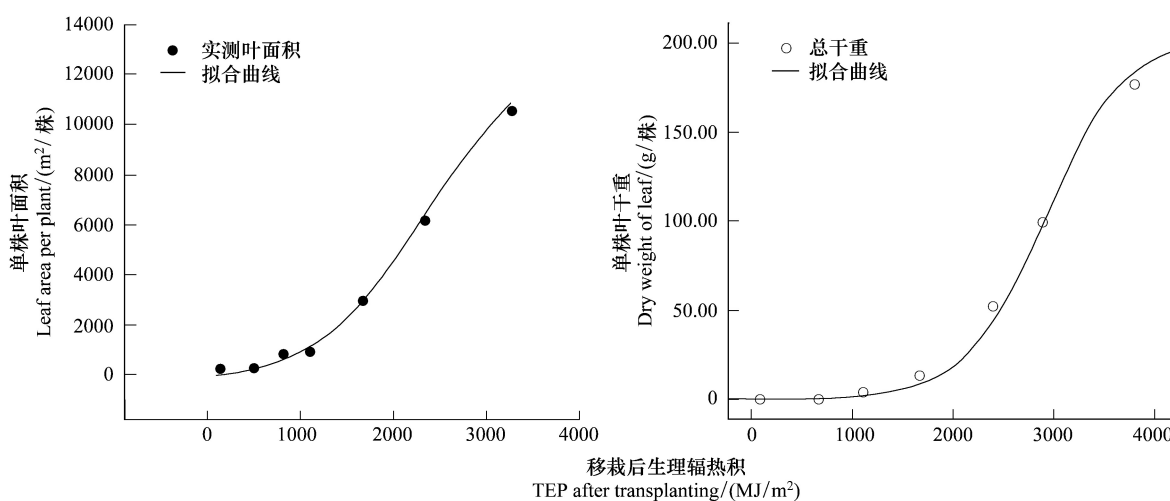


图 1 累积辐射热与单株叶面积和单株叶干重的关系

Fig.1 Relationship between leaf area, dry weight of per plant and TEP

3 结果与分析

3.1 单株叶面积的模拟结果

为验证本模型与传统模型的有效性, 分别采用基于比叶面积和基于有效积温的叶面积模型对试验 2 的叶面积实测资料进行了检验, 结果如图 2 所示。从图中可以看出, 利用累积辐射热来模拟烤烟叶面积的符合度

较高,模拟值与实测值的离散度低,比使用传统的比叶面积法和有效积温法更为准确。辐热积模型对叶面积的预测结果与 1:1 直线间的 R^2 和 RMSE 分别为 0.9634 和 $0.1653 \text{ m}^2/\text{株}$,采用比叶面积预测的结果与 1:1 直线间的 R^2 和 RMSE 分别为 0.5625 和 $2.1627 \text{ m}^2/\text{株}$,而采用有效积温法预测的结果与 1:1 直线间的 R^2 和 RMSE 分别为 0.8321 和 $0.9249 \text{ m}^2/\text{株}$ 。使用 TEP 法模拟烟株叶面积的精度分别比基于 SLA 法和 GDD 法模型提高了 93%和 82%。

3.2 单株叶干重的模拟结果

根据试验 2 的观测数据,按照公式(4)—(8)的方法求算累积辐热积,再代入公式(10)中,求出相对于干物质称重日的模拟干重进行对比,模型检验方程为公式(1),结果表明,用本模型对烤烟干物重进行模拟的 RMSE 值为 $16.4 \text{ g}/\text{株}$,即 $27.1 \text{ g}/\text{m}^2$,预测精度较高。由方程计算出任意一天的干物质累积量,并与实际观测值进行比较,模拟结果与实测值之间的拟合度分别为 0.907 和 0.982,基于生理辐热积模型对单株烤烟烟叶总干重预测值基于 1:1 线间的 R^2 和 RMSE 值分别是表明模型能较好地模拟烤烟叶片干重累积(图 3)。

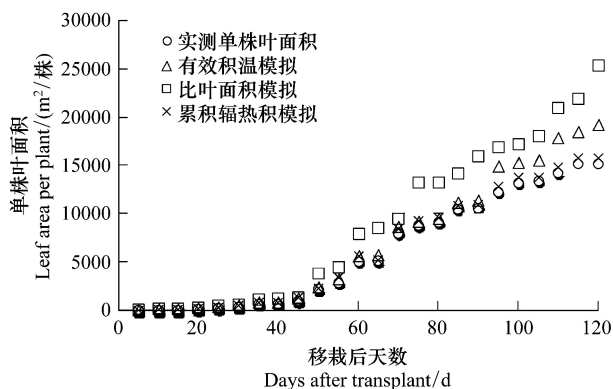


图 2 不同模拟方法叶面积模拟值与实测值的比较

Fig.2 Comparison between measured and simulated LAI

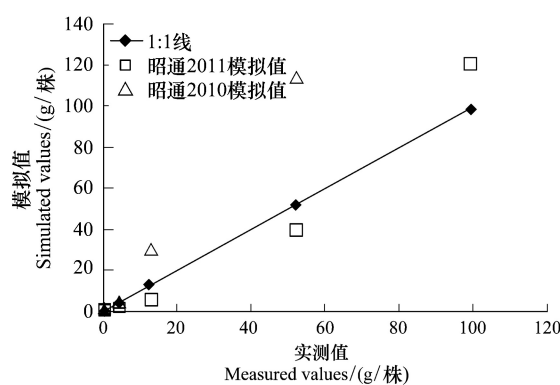


图 3 烟叶干重模拟值与实测值比较

Fig.3 Comparison between measured and simulated of leaf dry weight accumulation

根据从 1982—1999 年及 2003—2008 年 14a 的玉溪市红塔区试验田烟叶干重数据(表 3)进行模型验证,采用公式 2 对预测值与观测值之间的符合度进行统计分析,检验模拟函数的拟合度和可靠性,通过对 14a 实测值与模拟值的检验,RE 值为 24.5%,说明模型的拟合度和可靠性较高。由于受前期低温及干旱等影响,1983 年、1987 年及 1989 年的移栽期分别为 6 月 14 日、5 月 27 日及 5 月 25 日,比常年玉溪地区移栽期 4 月下旬偏晚了一个月以上,而工艺成熟期与历年接近,全生育期日数不足 170d,比历年平均减少了 15%,导致这 3 个年份的模拟值与实测值偏差较大。

表 3 玉溪试验烟叶干重实测值与模拟值比较

Table 3 Comparison between simulated and observed dry weight of Yuxi

年份 Year	模拟值/(g/株) Simulated value	实测值/(g/株) Measured value	年份 Year	模拟值/(g/株) Simulated value	实测值/(g/株) Measured value
1982	128.5	120.5	1989	129.4	95.4
1983	172.7	87.1	2003	199.5	143.7
1984	138.7	129.0	2004	188.9	183.9
1985	96.4	119.5	2005	213.5	220.9
1986	96.2	102.8	2006	199.5	174.0
1987	158.7	94.5	2007	209.8	206.3
1988	127.1	134.7	2008	200.7	223.2

4 讨论

叶面积作为生物学研究的重要参数,对估算作物生长状况与病虫害监测、产量估算以及田间管理也具有重要意义。烟叶干物质累积是烤烟产量形成的基础,定量分析烤烟生长过程中干物质累积的动态变化是揭示烤烟产量形成过程和掌握高产群体调控指标的重要内容。基于生理辐射热积为尺度的生长模型使用温度和光照为主要参数,机理解释性强,数据获取方便,被普遍用于国内大田作物和温室作物的干物质累积和叶面积增长的研究^[23]。基于植被指数法、遥感估测法及高光谱分析法进行烟叶叶面积指数模型的研究,虽然都能达到很好的模拟效果,但由于模型预测能力及稳定性难以保证,遥感长势监测数据样本大、精度较低,观测条件缺乏及普适性不强等缺陷,无法满足大田生长需要^[24-25]。

通过昭通及玉溪两个不同气象条件地区,从移栽期到工艺成熟期的模拟计算,模型所得的叶面积预测、干重预测值与实测值相差较小,预测精度高。结果表明,经过改进的 Logistic 模型对叶面积的模拟值与实测值的符合度较高,离散度低,预测结果 1:1 直线间的 R^2 和 RMSE 分别为 0.9634 和 0.1653 $\text{m}^2/\text{株}$,比使用传统的比叶面积法和有效积温法更为准确。采用经典 Logistic 模型对烟叶干物质累积过程也具有较好的描述性,验证试验的 RMSE 值为 16.4g/株,即 27.1 g/m^2 ,预测精度较高,通过历年玉溪烟区烤烟叶干重数据的检验,RE 值为 24.5%,说明模型的拟合度和可靠性较好。

本研究基于云南省两个气候条件差异较大的地区,在移栽期后的叶面积、干物重数据,采用辐射热积作为动态累积的时间尺度,克服了以往模型中对温、光效应考虑不全面的弊端,综合的分析了温度和光照这两个影响作物生长的关键因素,对作物生长的 S 型曲线描述性较好,模型解释性强,成熟期干重预测值较为准确,预测效果较好。模型使用较常规的气象资料预测烟叶产量,且模型参数少,方法简便易用,能够实现对不同气候条件下烤烟产量动态模拟,为烤烟生产提供技术支撑。

本模型在构建过程中的光效应输入项为月值,对于逐日累积光效应不够精密,建模时使用的干重数据较少,造成累积过程模拟不够完善,另外,由于移栽期对烟株生长、产量及干物质累积的影响,部分年份的干重没有达到较好的模拟效果,导致中期生长阶段模拟偏差较大,需要更多的试验观测以提高模型的精度和普适性。

References:

- [1] Department of Rural Social and Economic Survey of the National Bureau of Statistics of China. China Rural Statistical Yearbook. Beijing: China Statistics Press, 2008.
- [2] Jiang L, Cao S Q, Dai X B, Xu X M, Lu W, Zhang R X. Effect of different light intensity on photosynthesis of tobacco. Chinese Tobacco Science, 2000, 6(4): 17-20.
- [3] Yang X Y, Liu G S. Effects of different light intensity during tobacco ripe stages on the quality of flue-cured tobacco. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(8): 3450-3456.
- [4] Wang J W, Xue C Q, Zhang Y L, Zhang S X, Yin Q S. Quantitative relationship between leaf area index and canopy reflection spectrum index of flue-cured tobacco. Tobacco Science and Technology, 2008, (4): 49-52.
- [5] Hou M M, Shao X H, Yuan Y B, Ding F Z, Su X K. Simulation model of the leaf area index of tobacco under water and nitrogen coupling condition. Journal of Irrigation and Drainage, 2012, 31(1): 106-108, 116-116.
- [6] Cui H, Ji H, Zhang H, Shao H F, Li D X, Chen L. Comparative analysis of leaf proteomes between tobacco plants growing in different ecological regions of China. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(10): 4873-4880.
- [7] Wang Y F, Sun D M, Xu C K, Cheng Y Y. Effects of nitrogen rates on accumulation and distribution of nutrients and the yield and quality of flue-cured tobacco under drought stress. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2004, 10(3): 306-311, 318-318.
- [8] Haekett C. An exploration of the carbon economy of the tobacco plant: I. Inferences from a simulation. Australian Journal of Biological Sciences, 1973, 26(5): 1057-1071.
- [9] Liu S D, Yang Z Q, Su T X, Xie Y P. Impact of planting density on the dry matter formation and partition in sweet peppers in a solar greenhouse. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(15): 4056-4064.
- [10] Haboudane D, Miller J R, Pattey E, Zarco-Tejada P J, Strachan I B. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: modeling and validation in the context of precision agriculture. Remote Sensing of Environment, 2004, 90(3): 337-352.
- [11] Li X Y, Huang W, Ni X, Ma H, Wang Y Q, Wu Y. Analysis of ecological and climatic suitability of cured tobacco in Zhaotong city. Chinese Journal of Agrometeorology, 2008, 29(2): 197-201.
- [12] Yan K, Chen Z Y. Effects of ecological conditions on morphological and physiological characters of tobacco. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(10): 3087-3089.

- [13] Liu G S. Tobacco Cultivation. Beijing: China Agricultural Press, 2003: 53-55.
- [14] Marcelis L F M, Heuvelink E, Goudriaan J. Modelling biomass production and yield of horticultural crops; a review. *Scientia Horticulturae*, 1998, 74(1/2): 83-111.
- [15] Li G, Chen Y R, Dai J F, Luo W H, Zhao T L, Zhu P B. A model for predicting flowering date and external quality of cut tulip in solar greenhouse. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(14): 4062-4071.
- [16] He S H, Ren W. Tobacco Meteorology. Kunming: Yunnan Technological Press, 2001.
- [17] Liu G S, Qiao X R, Wang F, Yang C, Guo Q Y, Yun F. Effects of light intensity on photosynthetic capabilities, growth and quality of flue-cured tobacco. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2007, 27(9): 1833-1837.
- [18] Wang B Z, Shui Y X. The latest test results of photosynthetically active radiation. *Quarterly Journal of Applied Meteorology*, 1990, 1(2): 185-190.
- [19] Diao M, Dai J F, Luo W H, Yuan C M, Bu C X, Xian K M, Zhang S F, Xu R. Simulation model on the formation of greenhouse sweet pepper leaf area index. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(10): 2277-2283.
- [20] Wang Y F, Gao H J, Shao X H, Hajakbar, Yang T X. Studies on optimization growth model for leaf area index of Flue-cured tobacco. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2005, (10): 42-45.
- [21] Han J F, Guo Y Q, Liu G S, Qiao W C. Studies on the dry matter accumulation and N, P, K absorption and their distribution in Flue-cured tobacco. *Journal of Henan Agricultural University*, 1987, 21(1): 8-18.
- [22] Yang J T, Wang W L, Huo X T, Liu J A, Huang J H, Li Y X, Jia G, Jiang J W, Ma J S. Studies on the relationship between the course of the dry matter accumulation in aerial parts in flue-cured tobacco and the available accumulation temperature. *Journal of Henan Agricultural University*, 2004, 38(1): 29-32.
- [23] Yang Z Q, Luo W H, Chen F D, Xie Y P, Gu J J. A photo-thermal based model for predicting the dry matter production and partitioning of multi-stem cut *Chrysanthemum* in greenhouse. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1478-1485.
- [24] Liu G S, Li X Y, Liu D S, Yu Q W. Estimation of tobacco leaf area index and aboveground biomass using canopy spectra. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(5): 1763-1771.
- [25] Zhang Z Y, Ma X M, Jia F F, Qiao H B, Zhang Y W. Hyperspectral estimating models of tobacco leaf area index. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(1): 168-175.

参考文献:

- [1] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴 2008. 北京: 中国统计出版社, 2008: 145-146.
- [2] 江力, 曹树青, 戴新宾, 许晓明, 陆巍, 张荣铨. 光强对烟草光合作用的影响. *中国烟草学报*, 2000, 6(4): 17-20.
- [3] 杨兴有, 刘国顺. 成熟期光强对烤烟理化特性和致香成分含量的影响. *生态学报*, 2007, 27(8): 3450-3456.
- [4] 王建伟, 薛超群, 张艳玲, 张仕强, 尹启声. 烤烟叶面积系数与冠层反射光谱指数的定量关系. 2008, *烟草科技*, (4): 49-52.
- [5] 侯毛毛, 邵孝侯, 袁有波, 丁福章, 苏贤坤. 水氮耦合条件下烤烟叶面积指数变化的模型研究. *灌溉排水学报*, 2012, 31(1): 106-108, 116-116.
- [6] 崔红, 冀浩, 张华, 邵惠芳, 李东宵, 陈亮. 不同生态区烟草叶片蛋白质组学的比较. *生态学报*, 2008, 28(10): 4873-4880.
- [7] 汪耀富, 孙德梅, 徐传快, 程玉渊. 干旱胁迫下氮用量对烤烟养分积累与分配及烟叶产量和品质的影响. *植物营养与肥料学报*, 2004, 10(3): 306-311, 318-318.
- [9] 刘寿东, 杨再强, 苏天星, 谢以萍. 定植密度对日光温室甜椒干物质生产与分配影响的模拟研究. *生态学报*, 2010, 30(15): 4056-4064.
- [11] 李晓燕, 黄轲, 倪霞, 马红, 王玉琴, 吴英. 昭通烤烟生态气候适宜性分析. *中国农业气象*, 2008, 29(2): 197-201.
- [12] 颜侃, 陈宗瑜. 不同生态条件对烤烟形态及相关生理指标的影响. *生态学报*, 2012, 32(10): 3087-3097.
- [13] 刘国顺. 烟草栽培学. 北京: 中国农业出版社, 2003: 53-55.
- [15] 李刚, 陈亚茹, 戴剑锋, 罗卫红, 赵统利, 朱朋波. 日光温室切花郁金香花期与外观品质预测模型. *生态学报*, 2011, 31(14): 4062-4071.
- [16] 贺升华, 任伟. 烤烟气象. 昆明: 云南科技出版社, 2001.
- [17] 刘国顺, 乔新荣, 王芳, 杨超, 郭桥燕, 云菲. 光照强度对烤烟光合特性及其生长和品质的影响. *西北植物学报*, 2007, 27(9): 1833-1837.
- [18] 王炳忠, 税亚欣. 关于光合有效辐射的新实验结果. *应用气象学报*, 1990, 1(2): 185-190.
- [19] 刁明, 戴剑锋, 罗卫红, 袁昌梅, 卜崇兴, 鲜开梅, 张生飞, 徐蕊. 温室甜椒叶面积指数形成模拟模型. *应用生态学报*, 2008, 19(10): 2277-2283.
- [20] 汪耀富, 高华军, 邵孝侯, 阿吉艾克拜尔, 杨天旭. 烤烟叶面积指数增长的优化模型研究. *河南农业科学*, 2005, (10): 42-45.
- [21] 韩锦峰, 郭月清, 刘国顺, 乔万成. 烤烟干物质积累和氮磷钾的吸收及分配规律的研究. *河南农业大学学报*, 1987, 21(1): 8-18.
- [22] 杨建堂, 王文亮, 霍晓婷, 刘建安, 黄金虎, 李元喜, 贾刚, 蒋金炜, 马继盛. 烤烟地上部干物质增长过程与有效积温关系研究. *河南农业大学学报*, 2004, 38(1): 29-32.
- [23] 杨再强, 罗卫红, 陈发棣, 谢以萍, 顾俊杰. 基于光温的温室多杆切花菊干物质生产与分配的预测模型. *生态学报*, 2009, 29(3): 1478-1485.
- [24] 刘国顺, 李向阳, 刘大双, 喻奇伟. 利用冠层光谱估测烟草叶面积指数和地上生物量. *生态学报*, 2007, 27(5): 1763-1771.
- [25] 张正杨, 马新明, 贾方方, 乔红波, 张营武. 烟草叶面积指数的高光谱估算模型. *生态学报*, 2012, 32(1): 168-175.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.22 Nov., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The review of methods for mapping species spatial distribution using presence/absence data LIU Fang, LI Sheng, LI Diqiang (7047)
- A research review of landscape service LIU Wenping, YU Zhenrong (7058)
- Progress on techniques for partitioning soil respiration components and their application in cropland ecosystem CHEN Minpeng, XIA Xu, LI Yinkun, MEI Xurong (7067)

Autecology & Fundamentals

- Effect of different stubble height treatments on the annual growth index and physiological characteristics of *Tetraena mongolica* in two growing seasons WANG Zhen, ZHANG Liwen, YU Yi, et al (7078)
- Photosynthetic characteristics of an endangered species *Tetrameles nudiflora* under different light and water conditions DENG Yun, CHEN Hui, YANG Xiaofei, et al (7088)
- The compensation capacity of tillering and production of main stem nodes in rice WEI Ming, LI Dongxia (7098)
- Simulation of leaf area and dry matter production of tobacco leaves based on product of thermal effectiveness and photosynthetically active radiation ZHANG Mingda, LI Meng, HU Xueqiong, et al (7108)
- Effects of different tillage and straw systems on soil water-stable aggregate distribution and stability in the North China Plain TIAN Shenzhong, WANG Yu, LI Na, et al (7116)
- Effects of the *Larix gmelinii* grown under different light intensities on the development and defensive enzyme activities of *Lymantria dispar* larvae LU Yifang, YAN Junxin, LI Shuangwen, et al (7125)
- Biological control efficiency of *Orius similis* Zheng (Hemiptera: Anthocoridae) on *Frankliniella occidentalis* (Pergande) under different spatial and caged conditions MO Lifeng, ZHI Junrui, TIAN Tian (7132)
- Preliminary study on scavenging mechanism of dissolved aluminum by phytoplankton WANG Zhaowei, REN Jingling, YAN Li, et al (7140)
- Leaf-form characteristics of plants in *Quercus aquifolioides* community along an elevational gradient on the Balang Mountain in Wolong Nature Reserve, Sichuan, China LIU Xingliang, HE Fei, FAN Hua, et al (7148)
- Comparison of shrimp density between the Minjiang estuary and Xinhua bay during spring and summer XU Zhaoli, SUN Yue (7157)
- The feeding selectivity of an herbivorous amphipod *Ampithoe valida* on three dominant macroalgal species of Yundang Lagoon ZHENG Xinqing, HUANG Lingfeng, LI Yuanchao, et al (7166)

Population, Community and Ecosystem

- Effects of four different agricultural prevention and control measures on rice yellow stem borer *Tryporyza incertulas* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) ZHANG Zhenfei, HUANG Bingchao, XIAO Hanxiang, et al (7173)
- Soil nitrogen concentrations and transformations under different vegetation types in forested zones of the Loess Gully Region XING Xiaoyi, HUANG Yimei, AN Shaoshan, et al (7181)
- Ecosystem health assessment based on diagnosis CAI Xia, XU Songjun, CHEN Shanhao, et al (7190)
- The production and accumulation of phytoliths in rice ecosystems: a case study to Jiaxing Paddy Field LI Zimin, SONG Zhaoliang, JIANG Peikun (7197)
- Application of a free search-based projection pursuit model in investigating reed in wetlands LI Xinhua, ZHAO Chengyi (7204)

- Soil microbial diversity under typical vegetation zones along an elevation gradient in Helan Mountains
..... LIU Bingru, ZHANG Xiuzhen, HU Tianhua, et al (7211)
- Effects of shrub encroachment on biomass and biodiversity in the typical steppe of Inner Mongolia
..... PENG Haiying, LI Xiaoyan, TONG Shaoyu (7221)
- Research on diaspore morphology and species distribution of 80 plants in the hill-gully Loess Plateau
..... WANG Dongli, ZHANG Xiaoyan, JIAO Juying, et al (7230)
- Habitat suitability assessment of blue sheep in Helan Mountain based on MAXENT modeling
..... LIU Zhensheng, GAO Hui, TENG Liwei, et al (7243)
- Characteristic of phytoplankton primary productivity and influencing factors in littoral zone of Lake Taihu
..... CAI Linlin, ZHU Guangwei, LI Xiangyang (7250)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- Responses of soil respiration to changes in depth of seasonal frozen soil in Ebinur Lake area, arid area of Northwest China
..... QIN Lu, LV Guanghui, HE Xuemin, et al (7259)
- Seasonal and annual variation characteristic in basal soil respiration of black loam under the condition of farmland field
..... ZHANG Yanjun, GUO Shengli, LIU Qingfang, et al (7270)
- Resource and Industrial Ecology**
- Economic evaluation and protection of *Amygdalus mira* genetic resource ZHANG Lirong, MENG Rui, LU Guobin (7277)
- Meteorological grading indexes of water-saving irrigation for cotton XIAO Jingjing, HUO Zhiguo, YAO Yiping, et al (7288)
- Research Notes**
- Sprouts characteristic structure of *Taxus yunnanensis* plantation SU Lei, SU Jianrong, LIU Wande, et al (7300)
- The effects of forest conversion on soil N mineralization and its availability in central jiangxi subtropical region
..... SONG Qingni, YANG Qingpei, YU Dingkun, et al (7309)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 杨志峰

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 33 卷 第 22 期 (2013 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 22 (November, 2013)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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 90.00 元