

晋西黄土区果农间作光竞争研究

田 阳¹, 云 雷¹, 毕华兴¹, 王莉莉², 陈金焕³, 高路博¹, 王宝宝¹, 杨佳奇¹

(1. 北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室 山西吉县森林生态系统国家野外科学观测研究站, 北京 100083; 2. 水利部水土保持监测中心, 北京 100055; 3. 林木育种国家工程实验室, 北京 100083)

摘 要:以晋西黄土区具有代表性的核桃(*Juglans regia*)、苹果(*Malus pumila*)、花生(*Archis hypogaea*)、大豆(*Glycine max*)所组成的四种果农间作模式为研究对象,对果农间作系统中透光率(TSY)、作物光合有效辐射(PAR)、净光合速率(Pn)和光效应(E_L)进行分析,旨在为该地区间作系统光分布模型的建立,光生态特征分析等提供一定的基础资料。研究表明:(1)核桃间作模式的光照条件要优于苹果间作模式,苹果间作区域内的相对日照总量仅为 33%。(2)果农间作模式中果树对作物产生的影响程度与二者的距离有关,离树体越近,作物的光合有效辐射和净光合速率越小。(3)光效应表明果树对作物存在光竞争,竞争程度从大到小依次是苹果—花生(−26.39%)、苹果—大豆(−21.89%)、核桃—大豆(−18.12%)和核桃—花生(−16.62%)。研究结果可为该地区土地资源合理利用和农林复合经营的可持续发展提供科学依据。

关键词:果农间作; 光竞争; 晋西黄土区

中图分类号:S344.2;S718.51⁺2.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)04-0288-05

Research on Light Competition of Fruit-Crop Intercropping System in the Loess Region of West Shanxi Province

TIAN Yang¹, YUN Lei¹, BI Hua-xing¹, WANG Li-li², CHEN Jin-huan³,
GAO Lu-bo¹, WANG Bao-bao¹, YANG Jia-qi¹

(1. Shanxi Jixian National Field Research Station of Forest Ecosystem, Key Laboratory of Soil and

Water Conservation and Desertification Combating of Ministry of Education, College of Soil and Water Conservation,

Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Monitoring Center for Soil and Water Conservation, MWR, Beijing 100055, China; 3. National Engineering Laboratory for Tree Breeding, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Targeting four typical fruit-crop intercropping models, i. e. walnut(*Juglans regia*)-peanut(*Archis hypogaea*), walnut(*Juglans regia*)-soybean(*Glycine max*), apple(*Malus pumila*)-peanut(*Archis hypogaea*) and apple(*Malus pumila*)-soybean(*Glycine max*) in the Loess Plateau of western Shanxi Province as test objects, the transmittance(TSY), the photosynthetic active radiation(PAR), net photosynthetic rate(Pn) and photoeffect(E_L) of peanut and soybean were studied in order to provide the basic data for constructing the model of light distribution and analyzing the light ecological characteristics of fruit-crop intercropping in this region. The results showed that: (1) light condition in walnut-crop system was better than in apple-crop system, and the sum of relative direct sunlight was only 33% in apple-crop system; (2) the influence degree of fruit trees on crops depended on the distance between fruit trees and crops in fruit-crop intercropping system, and the photosynthetic active radiation and net photosynthetic rate of crops decreased with decreasing distance from fruit tree rows; (3) the values of photoeffect showed that light competition existed between crops and trees in fruit-crop intercropping system, and competition degrees ranked from big to small level were apple-peanut(−26.39%), apple-soybean(−21.89%), walnut-soybean(−18.12%) and walnut-peanut(−16.62%), respectively. This study could provide a scientific basis for land resource rational utili-

收稿日期:2013-01-23

修回日期:2013-02-06

资助项目:国家“十二五”科技支撑项目“晋西黄土区抗旱节水农林复合系统种间关系及调控技术”(2011BAD38B02);北京林业大学科技创新计划项目(HJ2010-24);教育部博士点基金(20110014120002)

作者简介:田阳(1975—),男,四川乐山人,博士研究生,主要研究方向:林业生态工程、生态文明理论。E-mail:tianyang975@bjfu.edu.cn

通信作者:毕华兴(1969—),男,陕西米脂人,教授,博士生导师,主要研究方向:林业生态工程。E-mail:bhx@bjfu.edu.cn

zation and agroforestry management for sustainable development in this region.

Key words: fruit-crop intercropping; light competition; the Loess Region of West Shanxi

黄土高原是中华民族的发祥地,但对这一地区森林的破坏,使得该地区生态环境脆弱,水土流失严重。农林复合经营作为治理黄土高原的一项主要措施和有效途径被广泛应用。果农间作是晋西黄土区开发的主要模式之一,特别是国家实行退耕还林政策以来,大量坡耕地改种为具有较高经济价值的果树,使得果农间作模式不断被推广。但在半干旱半湿润的晋西黄土区,果农间作不得不面对一个重要难题——种间竞争,如何有效减少竞争,提高土地生产力,增加农民经济效益越来越成为人们,特别是当地农民关注的焦点。当前,已有大量有关农林复合系统水分竞争方面的研究^[1-9],但光竞争的研究较少^[10-12]。系统分析农林复合系统的光照分布特征,是发展和完善农林复合经营,保证其可持续发展的重要前提。本文以晋西黄土区具有代表性的核桃(*Juglans regia*)、苹果(*Malus pumila*)、花生(*Archis hypogaea*)、大豆(*Glycine max*)所组成的4种果农间作模式为研究对象,通过对其相对日照总量(KST)、光合有效辐射(PAR)、净光合速率(Pn)等指标进行研究,旨在为该地区间作系统光分布模型的建立,光生态特征分析等提供一定基础资料,也为该地区土地资源合理利用和农林复合经营的可持续发展提供科学依据。

1 研究区概况

研究区位于山西省吉县东城乡雷家庄(110°41'E, 36°06'N),地处吕梁山南端,属于典型的黄土残塬沟壑区。年平均降雨量在580 mm左右,降水量季节分配不均,降雨集中在7—9月,占全年降水量的70%左右。该地区春季干旱多风,气候回升快,昼夜温差大,年均气温10℃,年均日照时数2 740 h,无霜期175 d左右。土壤属黄土母质,土层深厚,土质均匀。东城乡雷家庄是全国优质果品生产基地、农业部无公害农产品生产地,该地区果树以核桃、苹果为主。

2 研究方法

2.1 试验设计

选取当地主要果树类型——核桃(晋丰)、苹果(红富士)以及典型作物花生(晋花4号)、大豆(晋豆36号)为研究对象。核桃和苹果均始栽植于2000年,果树行间内种植花生、大豆(同一树行南北两侧种植相同作物),果树行向与作物行向一致,皆为东西走向。核桃株行距为6.5 m×6.5 m,平均树高4.2 m,

冠幅半径2.1 m;苹果株行距为3.0 m×4.0 m,平均树高4.0 m,冠幅半径2.1 m;间作模式中的花生、大豆的株行距均为0.45 m×0.50 m,并设置单作花生和大豆作为对照,无论间作还是单作,作物的株行距及管理方式一致。核桃树行与花生、大豆距离均为1 m,而苹果树行与二者的距离均为2 m。

2.2 光照强度与光合作用

光照强度测点布设与测定:在核桃—农作物和苹果—农作物间作中,选出标准木,以核桃间作为例,以核桃树下测点为中心,以4 m为半径作出圆形测区范围,以中心为起点,正北方向为起始方向,将此圆形测区范围沿顺时针等分为8个方向(即相邻方向之间的角度为45°),每个方向上布设测点,测点之间的距离为0.5 m,即共有65个测点;苹果间作的测点布置与此相同,距离间作模式不远处的空旷场地设为对照。选择晴朗无云的天气,利用手持光量子计测定各测点的光照强度。测定时间为8:00—18:00,每2 h测定1次。

将光合作用测点布设与测定:由于核桃和苹果果树的株行距的差异,二者光合作用测点布设并不完全一致:在核桃间作中,以选择的核桃树行为中心,在距核桃树行南北两侧分别以1.5 m、2.5 m和3.5 m作为两种作物的观测点,每种间作模式选择作物18株(图1);苹果间作在距苹果树干东西两侧以2 m作为两种作物的观测点,每种间作模式选择作物6株。单作对照花生、大豆按照“S”形各选取5株。选择与测定光照强度相同的天气,利用光合测定系统(Licor-6400)测定花生、大豆的净光合速率(Pn, $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、光合有效辐射(PAR, $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,测定时间为8:00—18:00,每2 h测定1次。每株选取生长状况良好的标准叶3片,每个指标测定3个重复,每个重复记录3个数据,然后取平均值。

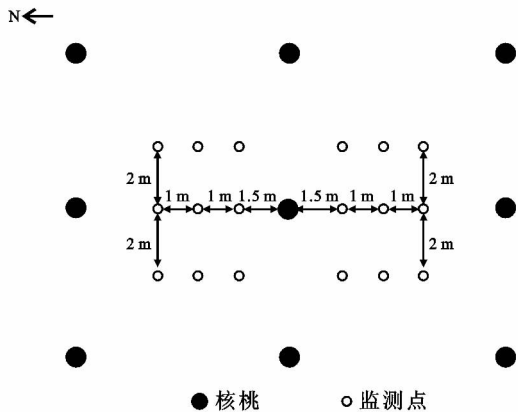


图1 核桃—农作物间作光合作用监测试验布设

取样时间:2009 年作物的典型物候期(花生结荚期和 大豆结荚期)。

2.3 数据处理

为了更好地研究间作模式林下的光照强度分布和 树木遮荫对农作物产生的影响,本文引入透光率 $TSY^{[13]}$ 与光效应 E_L (即树木对农作物光合影响的程 度),其计算公式分别为:

$$TSY=R_i/R_{ck}\times 100\% \tag{1}$$

$$E_L=(L-L_{ck})/L_{ck}\times 100\% \tag{2}$$

式中: R_i ——林下受荫处辐射累积量; R_{ck} ——空地 的地标辐射累积量; L ——间作模式中作物的净光合速 率; L_{ck} ——单作对照作物的净光合速率; E_L ——光效 应(%)。

数据处理主要是使用 Excel 2003,SPSS 15.0, Surfer 8.0 等统计、绘图软件。

3 结果与分析

3.1 林下的光照强度分布

图 2 为间作系统林下透光率的分布情况,由图 2 可以看出,两种间作模式树下日辐射百分比强度差异

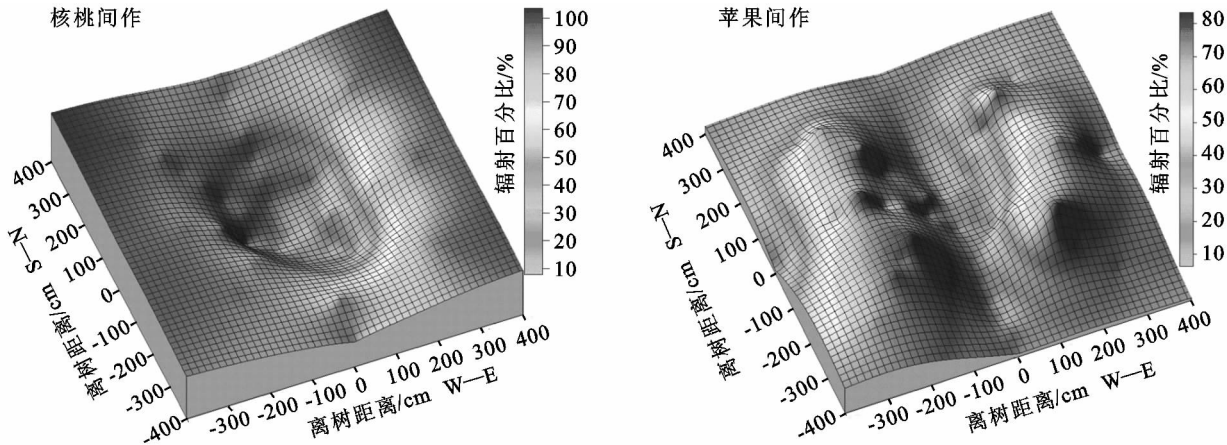


图 2 间作模式林下辐射百分比强度的分布

3.2 间作模式作物光合有效辐射日变化

不同间作模式下花生的光合有效辐射日变化趋 势与大豆基本一致(图 3):除了距离核桃 1.5 m 的花 生和大豆的光合有效辐射日变化趋势呈“双峰型”曲 线外,其它测点处花生和大豆的光合有效辐射日变化 均为单峰型曲线,并且波峰值出现在中午 12:00;花 生、大豆的光合有效辐射强度从小到大依次为距核桃 1.5 m、距苹果 2.0 m、距核桃 2.5 m、距核桃 3.5 m、 单作,即同一作物类型下,单作作物的光合有效辐射 大于间作作物,随着离树木距离的增加,间作作物光 合有效辐射逐渐增大。这些变化主要是由测定位置 果树对作物的遮荫影响所导致的。

明显。在核桃间作模式中,林下透光率与距果树中心 距离有关,随着距果树中心距离的增大,透光率增大, 在以 2 m 为半径的区域内(核桃冠幅半径约为 2 m), 透光率为 28%,其它区域的透光率为 82%。在苹果 间作模式中,透光率分布较为复杂,透光率较多的部 分主要集中在两行果树中间的作物带上,但由于这个 区域受到多重遮荫的影响,地面的受光相对有限,整 个区域内的透光率仅为 33%。

这主要与两种间作模式的果树配置有关(株行距 不同),核桃—农作物间作的林木群体结构类似于疏 散型,树行上能保持较大空隙的树冠间的透光,虽然 树的行距小于日出或日落最长树影的长度(经测量), 但在农作物生长的主要光照时间内,同一树行相邻树 木荫影不会发生重叠。比较而言,苹果—农作物间作 的林木群体结构更类似于紧密型,林下作物不仅受到 同一行内临近树木荫影的影响,还会受到临近树行由 于太阳斜射所产生的荫影影响。所以核桃间作作物 的遮荫区域是单株树木遮荫区域的加和(无多重遮荫 影响),遮荫程度相对较轻;苹果间作作物的受到多重 遮荫的影响,群体遮荫区域时间较长,遮荫程度较重。

3.3 间作模式农作物净光合速率日变化

与光合有效辐射日变化类似,不同间作模式下花 生的净光合速率日变化趋势与大豆也具有一定的相 似性(图 4):在苹果间作中,花生的净光合速率变化 趋势与大豆一致,均呈现“单峰型”曲线(波峰值出 现在中午 12:00);在核桃间作中,花生、大豆的净光 合速率变化趋势均呈现“双峰型”曲线,但核桃间作 中花生净光合速率日变化出现峰值的时间是 10:00 和 14:00,而大豆净光合速率日变化出现峰值的时间 是 10:00 和 16:00;间作作物的净光合速率同样表现 为距离果树越远,净光合速率值越大,并且相同作物 类型的单作作物的净光合速率大于间作作物。

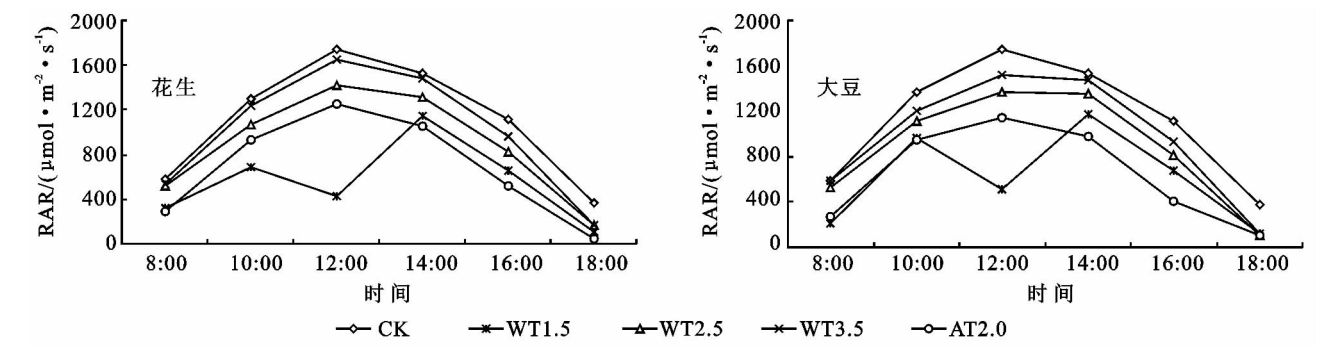


图3 不同间作模式作物光合有效辐射的日变化

注:CK,对照单作;WT1.5,距核桃 1.5 m;WT2.5,距核桃 2.5 m;WT3.5,距核桃 3.5 m;AT2.0,距苹果 2.0 m。

从图4看出,距核桃2.5 m、3.5 m和单作的花生和大豆均呈现出较为明显的“午休”现象^[14-17],而距核桃1.5 m的花生和大豆的净光合速率日变化为“双峰型”曲线,主要是由果树遮荫,光合有效辐射降低造成的。而在苹果间作中,两种作物均没有出现明显的“午休”现象,这可能主要是由苹果树对作物的遮荫造成的。

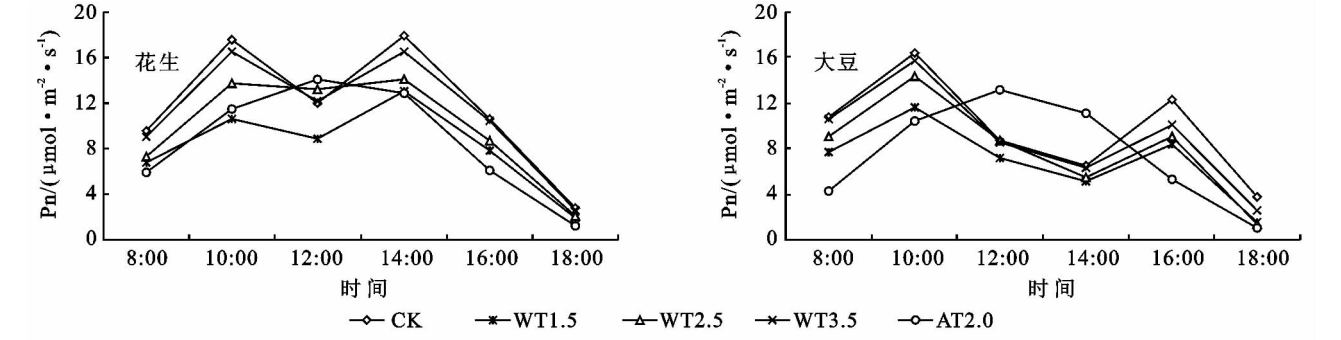


图4 不同间作模式下净光合速率的日变化

注:CK,对照单作;WT1.5,距核桃 1.5 m;WT2.5,距核桃 2.5 m;WT3.5,距核桃 3.5 m;AT2.0,距苹果 2.0 m。

3.4 间作系统光效应

根据公式(2)计算间作系统光效应,得出苹果—花生、核桃—花生、苹果—大豆和核桃—大豆四种间作模式的光效应值分别为-26.39%,-16.62%,-21.89%和-18.12%,即4种间作模式均为负效应,说明果树对农作物存在光竞争。针对同一种作物而言,光效应值表现为:核桃—花生>苹果—花生,核桃—大豆>苹果—大豆,说明苹果对作物光的影响要大于核桃,即核桃间作模式的光照条件要优于苹果间作模式,这也与前面林下光照强度得出的结果相吻合。

4 结论

(1) 在核桃间作中,花生、大豆的遮荫区域是单株核桃树遮荫区域的加和(无多重遮荫影响),遮荫程度相对较轻;在苹果间作中,花生、大豆的遮荫区域受到多重遮荫的影响,地面的受光相对有限,群体遮荫区域的时间段相对较长,遮荫程度相对较重,整个区域内的相对日照总量仅为33%。

(2) 由于果树遮荫的影响,间作作物光合有效辐射和净光合速率均出现了不同程度的降低,降低的程

度与果树和农作物的距离有关,离果树越近,作物的光合有效辐射和净光合速率越小;反之,则越大。

(3) 引入光效应量化果树对作物的影响程度,四种间作模式的光效应具体表现为核桃—花生(-16.62%)、核桃—大豆(-18.12%)、苹果—花生(-26.39%)和苹果—大豆(-21.89%),均为负效应,表明果树对作物存在光竞争,相对而言,核桃对作物光的影响要小于苹果对作物光的影响。

参考文献:

- [1] Singh R P, Ong C K, Saharan N. Above and below ground interactions in alley-cropping in semi-arid India [J]. *Agroforestry Systems*,1989,9(3):259-274.
- [2] Rao M R, Ong C K, Pathak P, et al. Productivity of annual cropping and agroforestry systems on a shallow Alfisol in semi-arid India [J]. *Agroforestry Systems*, 1991,15(1):51-63.
- [3] Jose S, Gillespie A R, Seifert J R, et al. Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the Midwestern USA; 2. Competition for water [J]. *Agroforestry Systems*,2000,48(1):41-59.
- [4] 云雷,毕华兴,任怡,等. 晋西黄土区核桃玉米间作界面土壤水分变化规律及其对间作玉米产量的影响[J]. 西北

- 林学院学报, 2010, 25(1): 47-51.
- [5] 云雷, 毕华兴, 任怡, 等. 晋西黄土区核桃花生复合土壤水分效应研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(5): 61-64.
- [6] 云雷, 毕华兴, 田晓玲, 等. 晋西黄土区果农间作的种间主要竞争关系及土地生产力[J]. 应用生态学报, 2011, 22(5): 1225-1232.
- [7] Yun L, Bi H X, Gao L B, et al. Soil moisture and soil nutrient content in walnut-crop intercropping systems in the Loess Plateau of China[J]. Arid Land Research and Management, 2012, 26(4): 285-296.
- [8] 高路博, 毕华兴, 云雷, 等. 黄土半干旱区林草复合优化配置与结构调控研究进展[J]. 水土保持研究, 2011, 18(3): 260-266.
- [9] 成婧, 吴发启, 路培, 等. 玉米苜蓿间作的蓄水保土效益试验研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(3): 54-57.
- [10] Peng X B, Zhang Y Y, Cai J, et al. Photosynthesis, growth and yield of soybean and maize in a tree-based agroforestry intercropping system on the Loess Plateau [J]. Agroforestry Systems, 2009, 76(3): 569-577.
- [11] 代巍, 郭小平, 毕华兴, 等. 晋西地区果树—农作物复合模式的光合特点[J]. 吉林农业大学学报, 2009, 31(6): 688-693.
- [12] 史晓丽, 郭小平, 毕华兴, 等. 晋西果农间作光竞争及产量研究[J]. 北京林业大学学报, 2009, 31(S2): 115-118.
- [13] 卢琦, 赵体顺, 师永全, 等. 农用林业系统仿真的理论与方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999.
- [12] 柯世省, 金则新, 陈贤田. 浙江天台山七子花等6种阔叶树光合生态特性[J]. 植物生态学报, 2002, 26(3): 363-371.
- [13] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [14] 许大全. 光合作用气孔限制分析中的一些问题[J]. 植物生理学通讯, 1997, 33(4): 241-244.
- [15] 许大全. 植物光胁迫研究中的几个问题[J]. 植物生理学通讯, 2003, 39(5): 493-495.
- [16] 孙霞, 柴仲平, 蒋平安, 等. 水氮耦合对苹果光合特性和果实品质的影响[J]. 水土保持研究, 2010, 17(6): 271-274.
- [17] 张宁宁, 刘普灵, 王栓全, 等. 黄土丘陵区不同经济作物光合作用特性研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(3): 269-273.
-
- (上接第287页)
- [40] Jon M, Jesus P. Impact of a eucalyptus (*Eucalyptus globulus* Labill.) plantation on the nutrient content and dynamics of coarse particulate organic matter (CPOM) in a small stream[J]. Hydrobiologia, 2004, 528(1): 143-165.
- [41] Eshetu Y, Olavi L. Indigenous woody species diversity in *Eucalyptus globules* Labill. ssp. *globulus* plantation in the Ethiopian highlands[J]. Biodiversity and Conservation, 2003, 12(3): 567-582.
- [42] Espinosa-García F J, Martínez-Hernández E, Quiroz-Flores A. Allelopathic potential of *Eucalyptus* spp plantations on germination and early growth of annual crops[J]. Allelopathy Journal, 2008, 21(1): 25-37.
- [43] 张一平, 王馨, 王玉杰, 等. 西双版纳地区热带季节雨林与橡胶林林冠水文效应比较研究[J]. 生态学报, 2003, 23(12): 2653-2665.
- [44] 刘文杰, 张一平, 刘玉洪, 等. 热带季节雨林和人工橡胶林林冠截留雾水的比较研究[J]. 生态学报, 2003, 23(11): 2379-2386.
- [45] Li H M, Mitchell Aide T, Ma Y X, et al. Demand for rubber is causing the loss of high diversity rain forest in SW China[J]. Biodiversity and Conservation, 2007, 16(6): 1731-1745.
- [46] Zhu H, Xu Z F, Wang H, et al. Tropical rain forest fragmentation and its ecological and species diversity changes in southern Yunnan[J]. Biodiversity and Conservation, 2004, 13(7): 1355-1372.
- [47] Yang J C, Huang J H, Pan Q M, et al. Long-term impacts of land-use change on dynamics of tropical soil carbon and nitrogen pools[J]. Journal of Environmental Sciences, 2004, 16(2): 256-261.
- [48] 陈雷. 应对西南特大干旱的实践与思考[R]. 时事报告, 2010(5): 8-21.
- [49] 魏阳, 杨子生. 云南特大干旱灾害及应对的土地利用对策与措施体系初探[C]//中国山区土地资源开发利用与人地协调发展研究. 北京: 中国自然资源学会, 2010: 169-171.