

农林复合对近地面微气候环境的影响

王 来¹, 高鹏翔¹, 刘 滨¹, 侯 琳^{1,2}, 张硕新^{1,2}

(1. 西北农林科技大学林学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 陕西秦岭森林生态系统国家野外科学观测研究站, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 以渭北黄土区农林实践中发展最为迅速的核桃(*Juglans regia*)—小麦(*Triticum aestivum*)间作复合模式为研究对象,以两物种的单作系统为对照,讨论农林复合系统对近地面微气候环境的影响,为农林复合系统经营管理和模型的建立提供理论依据。结果表明,核桃—小麦间作降低了 2—10 月近地面气温和地温,期间气温平均值分别比核桃单作和小麦单作低 0.66℃ 和 0.97℃,期间地温平均值分别比核桃单作和小麦单作低 0.71℃ 和 1.41℃。核桃—小麦间作提高了 11 月至第 2 年 1 月近地面气温和地温,期间气温平均值分别比核桃单作和小麦单作高 0.49℃ 和 0.40℃,期间地温平均值分别比核桃单作和小麦单作高 1.01℃ 和 0.69℃。核桃—小麦间作各月近地面空气相对湿度均高于两单作系统,其全年平均值分别比核桃单作和小麦单作提高了 14.33% 和 19.98%。核桃—小麦间作各月近地面平均风速和相对照度均低于两单作系统,其全年平均风速分别比核桃单作和小麦单作降低了 26.32% 和 30.00%,全年平均相对照度分别比核桃单作和小麦单作降低了 21.33% 和 45.93%。核桃—小麦间作浅层土壤湿度在 4—5 月低于两单作系统,在 6—7 月迅速升高,在 7—9 月高于两单作系统。核桃—小麦间作复合系统可以降低高温季节近地面的土壤温度、气温、风速和相对光强,这对降低土壤水分的无效蒸发具有重要意义。

关键词: 农林复合;微气候;间作;核桃;小麦

中图分类号: S162.4 **文献标志码:** A

Effect of agroforestry on microclimate environment (near land surface)

WANG Lai¹, GAO Peng-xiang¹, LIU Bin¹, HOU Lin^{1,2}, ZHANG Shuo-xin^{1,2}

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Qinling National Forest Ecosystem Research Station, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The influence of agroforestry system on microclimate environment near land surface was studied by means of walnut (*Juglans regia*) and wheat (*Triticum aestivum*) intercropping system, a widespread local agroforestry model in northern Wei River of loess area, with the two monoculture systems as the control. The purposes of this research was to provide theoretical basis for modeling and managing the agroforestry system scientifically. The results showed that the average air temperature during February ~ October of the intercropping system was 0.66℃ and 0.97℃ lower than that of the walnut and wheat monoculture systems respectively, on the contrary, 0.49℃ and 0.40℃ higher than the two monoculture systems respectively during November and January. The air relative humidity of the intercropping system every month was higher than that of the two monoculture systems, the annual average higher than the walnut monoculture and wheat monoculture by 14.33% and 19.98%, respectively. The wind speed of the intercropping system every month was lower than that of the two monoculture systems, the annual average was lower than that of walnut monoculture and wheat monoculture by 26.32% and 30.00%, respectively. The relative illumination of the intercropping system every month was lower than that of the two monoculture systems, the annual average was lower than that of walnut monoculture and wheat monoculture by 21.33% and 45.93%, respectively. The average ground temperature during February ~ October was lower in the intercropping system than that of the walnut monoculture and wheat monoculture respectively by 0.71℃ and 1.41℃, on the contrary, 1.01℃ and 0.69℃ higher than the two monoculture systems respectively during November ~ January. The soil moisture of the intercropping system was less than the two monoculture systems during April ~

收稿日期: 2016-09-20

修回日期: 2016-11-02

基金项目: “十三五”国家科技支撑计划“资源节约与环境改良型农林复合技术与示范”(2015BAD07B050202)

作者简介: 王 来(1980—), 男, 河南方城人, 博士, 主要从事农林复合生态系统研究。E-mail: yituyimi@139.com

通信作者: 张硕新(1959—), 男, 陕西西县人, 教授, 主要从事植物生理生态和森林生态研究。E-mail: sxzhang@nwsuaf.edu.cn

May, yet it rose from June to July rapidly, higher than the two monoculture systems during July ~ September. Walnut - wheat intercropping system could reduce the soil temperature, air temperature, wind speed and relative illumination of near land surface in high temperature season. It is very important for reducing soil surface evaporation.

Keywords: agroforestry; microclimate; intercropping; walnut; wheat

在干旱半干旱地区土壤水分是农业生产和地表植被是否可持续的限制因子^[1-2]。本地区人工植被往往因配置不合理而过度耗水导致土壤干化,从而影响植被恢复的可持续性^[3]。土壤水分一部分是通过植物根系吸收经过蒸腾作用进入大气中,另一部分经过地面蒸发而散失。地面蒸发很大一部分是土壤水分的无效消耗,降低地面无效蒸发对于干旱半干旱地区农业种植和植被恢复尤为重要^[4]。然而,土壤水分的蒸发受近地面微气候环境的直接影响,近地面气候环境又受植被的直接影响。因此理解植被对近地面微气候环境的影响,是优化植被结构和水分调控的重要前提。在渭北黄土区,水分也是本地区农林发展的限制因子。近年来随着退耕还林后续产业的发展,以林粮间作模式为主的农林复合系统得以快速发展。因核桃为本地区的乡土树种且具有较高的经济价值,小麦是本地区的主要口粮,所以核桃-小麦间作复合模式发展最为迅速。以往的研究多是农林复合对系统内部小气候的影响^[5-7],而农林复合对近地面微气候环境的影响未见文献报道,且农林复合模式具有较强的地域性^[8]。因此,本研究以渭北黄土区农林实践中发展最为迅速的核桃(*Juglans regia*)-小麦(*Triticum aestivum*)间作模式为研究对象,以两者的单作系统为对照,讨论农林复合系统对近地面微气候环境的影响,为优化农林复合模式结构和实施水分调控提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验区位于渭河以北黄土高原南缘,海拔 700 ~ 800 m,属于暖温带大陆性季风气候,雨热同季。年平均日照时数为 2 053.3 h,年光合总有效辐射为 $5 \times 10^8 \sim 6.3 \times 10^9 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ 。年平均气温 11.6℃,大于等于 10℃ 的积温为 3 800℃,绝对最低气温 -20.6℃,绝对最高气温 41.4℃,最冷月 1 月平均气温 -2.2℃,最热月 7 月平均气温 25.3℃。年平均降水量 615.0 mm。6—9 月降水量约占全年的 70% 左右。年平均无霜期 215 d,初霜日 10 月 29 日左右,终霜日 3 月 27 日左右。耕层土壤以黄土母质发育成的褐土,有机质含量为 $14.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,碱解氮含量 $116 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷含量 $19.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾含

量 $64.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。在农业种植制度方面是一年两熟与一年一熟的交错地带。

1.2 试验材料

试验地设在陕西省岐山县张家沟村(N34°21'21",E107°43'42"),该村各类农林复合经营模式总面积达 130 hm²,主要模式为果农间作,约占 90%。试验地设置在 20 世纪 70 年代中期修建的位于坡中位置的梯田上。耕层土壤质地为粘壤土,无灌溉条件;田面南高北低,坡度 2°~3°;梯田南北宽 30~45 m,东西长约 300 m,总面积约 1.1 hm²;核桃-小麦间作、核桃单作和小麦单作种植面积分别约为 0.5、0.4 hm² 和 0.2 hm²,为长期观测的固定样地。该试验地在种植核桃树前,为一年一熟的小麦单作农田。间作核桃和单作核桃定植时间均为 2003 年,南北行向,采用“品”字形栽植,小冠疏层树形,株行距均为 3×6 m(主栽品种为香玲,零星混杂有辽核和鲁光等,均为嫁接苗)。到 2013 年二者基本为成熟的农林复合系统和单作经济林。

单作小麦和间作小麦均为冬小麦,行距 20 cm,基本苗每公顷 210.5 万株。间作小麦的种植,给树行留 1 m 宽的树行带,小麦在每个树行间的种植带宽度为 5 m。小麦品种为小偃 22,每年 10 月 5 日左右播种,第二年的 6 月 5 日左右收获,收获时根茬高度控制在 20~30 cm 之间。播种前耕地,耙耨,而后播种,耕地深度在 20 cm 左右。核桃的收获期为每年 9 月 15 日左右。

1.3 研究方法

在核桃-小麦间作和核桃单作样地内各选出三棵样木(树的胸径、树高、冠幅均接近其整个样地平均值),同时回避地头边缘树行。在每个样木处垂直于树行方向上距样木 2 m 处设置观测点。在小麦单作样地内“品”设置三个观测点。于 2012 年 6 月在各样地内观测点设置传感器探头和记录仪,从 2013 年 3 月 1 日开始启用各记录仪数据(以避免设置传感器时的扰动对数据的影响),到 2014 年 3 月止,进行为期一年的观测。土壤温湿度传感器探头设置在各观测点的地下 5 cm 处。空气温湿度和光照强度传感器设置在各观测点的地上 5 cm 处。测定空气流速的涡扇中心设置在地上 5 cm 处,扇面垂直于本

地区的主风向。各环境因子,每隔30分钟自动测定和记录一次。

1.4 数据计算

试验数据用 Microsoft Excel2007 软件进行初步整理,数据的统计分析用 SAS9.2 软件完成,图表用 OriginPro8.0 软件制作。

2 结果与分析

2.1 地上5 cm处环境因子

2.1.1 空气温度 核桃-小麦间作2—10月近地面气温均低于两单作系统,在11月至第2年1月均高于两单作系统(图1)。2—4月核桃-小麦间作气温回升最慢,表现为:核桃-小麦间作 < 小麦单作 < 核桃单作,4月三者间的差异显著 ($P < 0.05$);5—10月核桃-小麦间作气温最低,表现为:核桃-小麦间作 < 核桃单作 < 小麦单作,且在5、7—10月三者间存在显著差异 ($P < 0.05$);11月至第2年1月核桃-小麦间作气温均高于两单作系统,12月核桃-小麦间作显著高于两单作系统 ($P < 0.05$)(图1)。

小麦单作,6—10月核桃-小麦间作均显著高于小麦单作 ($P < 0.05$),10月核桃-小麦间作与核桃单作的差异也达到显著水平 ($P < 0.05$)(图2)。核桃-小麦间作全年平均空气相对湿度为59.98%,分别比核桃单作和小麦单作提高了14.33%和19.98%。

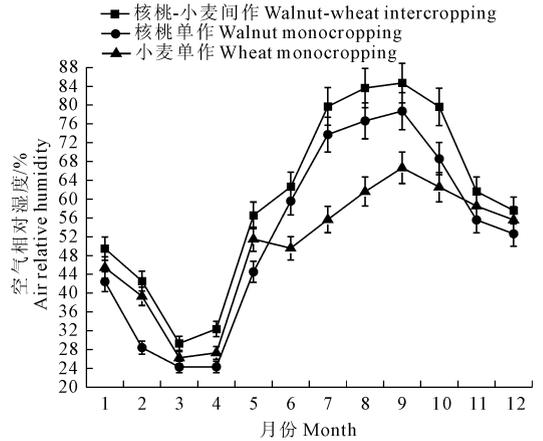


图2 三种土地利用方式地上5 cm空气相对湿度的变化
Fig.2 Dynamic characteristics of 5 cm aboveground air relative humidity of three land use patterns

2.1.3 风速 核桃-小麦间作各月近地面平均风速均显著低于两单作系统 ($P < 0.05$)(图3)。核桃-小麦间作一年中在3月和6月风速最大,9—10月风速最小(图3)。在5月至第2年2月三种土地利用方式风速表现为:核桃-小麦间作 < 核桃单作 < 小麦单作,且各月三者间存在显著差异 ($P < 0.05$);在3—4月表现为:核桃-小麦间作 < 小麦单作 < 核桃单作,且各月三者间差异显著 ($P < 0.05$)(图3)。核桃-小麦间作全年平均风度为 $0.42 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,分别比核桃单作和小麦单作降低了26.32%和30.00%。

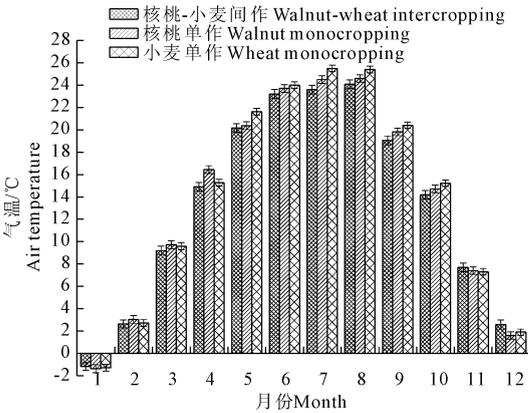


图1 三种土地利用方式地上5 cm空气温度的变化
Fig.1 Dynamic characteristics of 5 cm aboveground air temperature of three land use patterns

核桃-小麦间作2—10月气温平均值为 16.78°C ,分别比核桃单作和小麦单作低 0.66°C 和 0.97°C ;11月至第2年1月气温平均值为 3.04°C ,分别比核桃单作和小麦单作高 0.49°C 和 0.40°C 。

2.1.2 空气湿度 核桃-小麦间作各月近地面空气相对湿度均高于两单作系统(图2)。在11月至第2年5月三种土地利用方式空气湿度表现为:核桃-小麦间作 > 小麦单作 > 核桃单作,11月至第2年5月核桃-小麦间作均显著高于核桃单作 ($P < 0.05$),4—5月核桃-小麦间作与小麦单作的差异也达到显著水平 ($P < 0.05$)(图2)。在6—10月三者空气湿度表现为:核桃-小麦间作 > 核桃单作 >

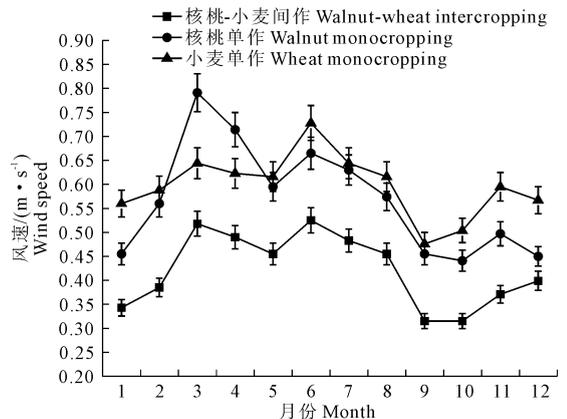


图3 三种土地利用方式地上5 cm风速的变化
Fig.3 Dynamic characteristics of 5 cm aboveground wind speed of three land use patterns

2.1.4 相对光照度 核桃-小麦间作近地面的相对照度在各月均低于两单作系统(图 4)。核桃-小麦间作在 3—5 月三种土地利用方式的相对照度表现为:核桃-小麦间作 < 小麦单作 < 核桃单作,且各月三者间的差异显著($P < 0.05$)(图 4)。在 6—12 月三者的相对照度表现为:核桃-小麦间作 < 核桃单作 < 小麦单作,6 月三者间差异显著($P < 0.05$),7—12 月核桃-小麦间作显著低于小麦单作($P < 0.05$),但与核桃单作的差异不显著($P > 0.05$)(图 4)。在 1—2 月三者的相对照度间差异不显著($P > 0.05$)(图 4)。核桃-小麦间作全年平均相对照度为 43.23%,分别比核桃单作和小麦单作降低了 21.33%和 45.93%。

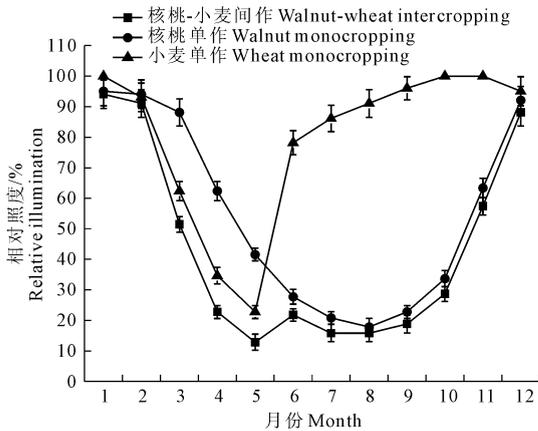


图 4 三种土地利用方式地上 5 cm 相对照度的变化
Fig.4 Dynamic characteristics of 5 cm aboveground relative illumination of three land use patterns

2.2 地下 5 cm 处环境因子

2.2.1 土壤温度 核桃-小麦间作 2—10 月地温均低于两单作系统,在 11 月至第 2 年 1 月均高于两单作系统(图 5)。2—4 月核桃-小麦间作地温回升最慢,地温表现为:核桃-小麦间作 < 小麦单作 < 核桃单作,但各月三者间的差异不显著($P > 0.05$);5—9 月核桃-小麦间作地温最低,表现为:核桃-小麦间作 < 核桃单作 < 小麦单作,且各月三者间差异显著($P < 0.05$);10 月核桃-小麦间作地温显著低于小麦单作($P < 0.05$),但与核桃单作差异不显著($P > 0.05$);11 月至第 2 年 1 月核桃-小麦间作地温均显著高于两单作系统($P < 0.05$),两单作系统间差异不显著($P > 0.05$)(图 5)。核桃-小麦间作 2—10 月地温平均值为 17.16℃,分别比核桃单作和小麦单作低 0.71℃和 1.41℃;11 月至第 2 年 1 月地温平均值为 3.90℃,分别比核桃单作和小麦单作高 1.01℃和 0.69℃。

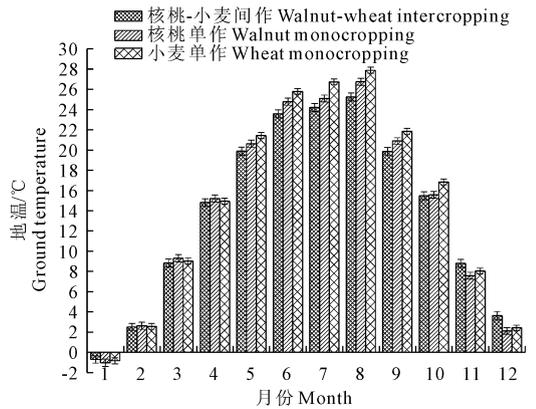


图 5 三种土地利用方式地下 5 cm 地温的变化
Fig.5 Dynamic characteristics of 5 cm underground soil temperature of three land use patterns

2.2.2 土壤湿度 核桃-小麦间作土壤湿度在春季降低较快,在 4—5 月显著低于两单作系统($P < 0.05$);在 6—7 月迅速升高,7—9 月显著高于两单作系统($P < 0.05$)(图 6)。核桃-小麦间作土壤湿度一年内的波动最大,核桃单作次之,小麦单作最小,三者均在 5 月最低,9 月最高(图 6)。核桃-小麦间作土壤湿度在 4—6 月为一年的低谷期,期间平均湿度为 13.57%,分别比核桃单作和小麦单作低 0.54%和 1.31%;7—9 月为高峰期,期间平均湿度为 19.59%,分别比核桃单作和小麦单作高 0.96%和 1.68%(图 6)。在 10 月至第 2 年 3 月核桃-小麦间作和小麦单作土壤湿度均显著高于核桃单作($P < 0.05$),但前两者间差异不显著($P > 0.05$)(图 6)。

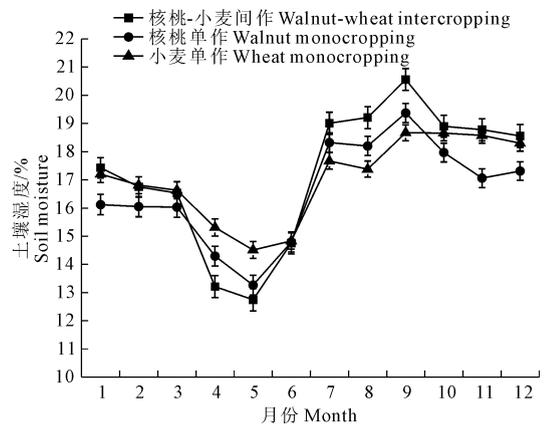


图 6 三种土地利用方式地下 5 cm 土壤湿度的变化
Fig.6 Dynamic characteristics of 5 cm underground soil moisture of three land use patterns

3 讨论

本研究是以种植 11 年的核桃-小麦间作复合系统为研究对象,11 年生核桃树刚进入丰产期,树

冠基本形成,可以认为是一个初步达到稳定状态的农林复合系统。方法上采用了具有自动监测功能的微型气候仪,对目标样地进行了1年的连续监测,每30分钟采集一次数据,可以避免人为监测在时间上间断太大造成的试验误差。主要结果为核桃-小麦复合系统对近地面风速、相对照度、生长季节近地面气温和浅层地温均有显著的降低作用,对近地面空气相对湿度有显著的提高作用,这些对降低土壤水分的无效蒸发有重要意义,也有利于间作物生长发育和提高系统抗逆性。核桃-小麦复合系统对近地面气温和地温均在高温季节有降温作用,在低温季节有增温作用。吴发启^[9]指出农林复合系统对林内温度和土壤表层温度有双重影响,即春季呈现增温,夏季呈现降温现象;梁振山也得到了类似的结果^[10],这均与本研究结果相同。夏季的降温作用可能是树木的遮阴所造成^[11],这有利于降低地面的无效蒸发;冬季的增温现象可能是落叶覆盖地面所致;落叶的覆盖还可以提高土壤湿度,与本研究结果一致,这有利于间作小麦在冬季的生长。核桃-小麦复合系统对近地面空气相对湿度的提高,可能是树木遮阴和近地面风速降低共同作用的结果。近地面风速的降低,一方面在夏季可以降低土壤水分的无效消耗^[13];另一方面在冬季还可以起到富集积雪的作用^[14],这对农林复合系统冬季土壤的保温和保湿有利,这也可能是核桃-小麦复合系统冬季土壤湿度高于两单作系统的原因之一。实际上各个气候因子间都是相互影响的^[15],在夏季,首先是树木的遮阴作用可以降低近地面的气温和土壤温度;其次树木的存在可以降低风速,加上近地面气温和土壤温度的降低,可以提高近地面的空气湿度。在冬季,树木的遮阴作用很小,但树木的存在可以降低风速起到富集积雪的作用,同时树木的落叶覆盖又可以保温保湿,这也就是冬季核桃-小麦复合系统浅层地温和土壤湿度比两单作系统高的原因。

4 结 论

核桃-小麦间作2—10月近地面气温平均值分别比核桃单作和小麦单作低0.66℃和0.97℃,11月至第2年1月平均值分别比核桃单作和小麦单作高0.49℃和0.40℃。核桃-小麦间作各月近地面空气相对湿度均高于两单作系统,其全年平均值分别比核桃单作和小麦单作提高了14.33%和19.98%。核桃-小麦间作各月近地面平均风速均低于两单作系统,其全年平均值分别比核桃单作和小麦单作降低了26.32%和30.00%。核桃-小麦间作近地面

的相对照度在各月均低于两单作系统,其全年平均值分别比核桃单作和小麦单作降低了21.33%和45.93%。

核桃-小麦间作2—10月浅层地温平均值分别比核桃单作和小麦单作低0.71℃和1.41℃,11月至第2年1月平均值分别比核桃单作和小麦单作高1.01℃和0.69℃。核桃-小麦间作浅层土壤湿度在4—5月低于两单作系统,在6—7月迅速升高,在7—9月高于两单作系统。

核桃-小麦复合系统对近地面风速、相对照度、生长季节近地面气温和浅层地温的降低,对近地面空气相对湿度的提高,这些对降低土壤水分的无效蒸发有重要意义。

致谢:感谢岐山县渭漳源核桃专业合作社徐玉林社长给予样地设置和监测仪器看护方面的帮助。

参 考 文 献:

- [1] 李生宝,将 齐,赵世伟,等.半干旱黄土丘陵区退化生态系统恢复技术与模式[M].北京:科学出版社,2011:99.
- [2] 毕华兴,云 雷,朱清科.晋西黄土区农林复合系统间关系研究[M].北京:科学出版社,2011:37.
- [3] Fu B J, Wang J, Chen L D, et al. The effects of land use on soil moisture variation in the Danangou catchment of the Loess Plateau, China[J]. *Catena*, 2003,54(1-2):197-213.
- [4] 丁秀玲,许 强.不同覆盖物下的农田地温和蒸发量对比[J]. *长江蔬菜(学术版)*,2010,20:27-32.
- [5] 包 翔,常金宝.干旱半干旱地区农林复合生态系统农田小气候变化研究[J]. *内蒙古林学院学报(自然科学版)*,1999,21(2):39-43.
- [6] 许华森,毕华兴,高路博,等.晋西黄土区苹果+大豆间作系统小气候及其对作物生产力的影响[J]. *中国水土保持科学*,2014,12(2):9-15.
- [7] 史彦江,卓热木·塔西,宋锋惠,等.枣农间作系统小气候水平分布特征研究[J]. *新疆农业科学*,2010,47(5):888-892.
- [8] 李文华,赖世登.中国农林复合经营[M].北京:科学出版社,1994:68.
- [9] 吴发启,刘秉正.黄土高原流域农林复合配置[M].郑州:黄河水利出版社,2003:1-30.
- [10] 梁振山.核桃农林复合栽培对农田小气候影响[J]. *陕西林业科技*,2014,(1):54-56.
- [11] 赵忠宝.徐淮平原农林复合系统小气候效应研究[D].南京:南京林业大学,2006:30-53.
- [12] 向成华,黄礼隆,蔺俊明,等.国内外防护林体系效益研究动态综述[J]. *四川林业科技*,1998,9(1):52-56.
- [13] 李俊祥,宛志沪.淮北平原杨-麦间作系统的小气候效应与土壤水分变化研究[J]. *应用生态学报*,2002,13(4):390-394.
- [14] 张劲松,孟 平,宋兆民,等.我国平原农区复合农林业小气候效应研究概述[J]. *中国农业气象*,2004,25(3):52-55.
- [15] Smith D M. Physiological and environmental control of transpiration by trees in windbreaks[J]. *Forestry Ecology and Management*, 1998, 105(1/3):159-173.