

文章编号: 100F 1498(2002) 04 0457 06

银杏-小麦间作系统水热效应的研究

张劲松¹, 宋兆民¹, 孟平¹, 辛学兵¹, 陆光明²

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091; 2. 中国农业大学, 北京 100094)

摘要: 对黄淮海平原农区银杏-小麦间作系统的热量效应(白天)和水分效应进行了研究。结果表明:(1)小麦抽穗 乳熟期,晴天间作系统总辐射量比单作(麦田)系统低 7.6%,阴天时二者差别不大;晴天间作系统净辐射通量比单作系统高 5.6%,阴天时比单作系统低 1.9%;晴天间作系统潜热通量比单作系统低 6.8%,阴天时二者相差极小;晴天和阴天间作系统的感热通量均低于单作系统,分别约低 52.6%和 11.1%;晴天间作系统土壤热通量比单作系统高 21.8%,阴天时比单作系统低 25.0%。(2)小麦拔节 腊熟期,间作系统小麦日蒸腾速率比单作麦田低 18.4%;小麦抽穗 腊熟期,实际区域面积(1.43 hm²)内系统总蒸腾耗水量为 36.45 m³·d⁻¹,其中小麦占 91.7%,银杏占 8.3%,说明整个系统蒸腾耗水以小麦蒸腾耗水为主;系统内麦田土壤贮水量随带距的变化呈抛物线状分布,对比单作麦田,间作系统总体平均可使麦地 0-100 cm 土壤贮水量提高 6.84%;间作系统小麦叶片水分利用率比单作麦田约高 4.0%。

关键词: 银杏-小麦间作系统; 水分效应; 热量效应

中图分类号: S727.24

文献标识码: A

农林复合系统(Agroforestry)又可称为农用林业或复合农林业^[1],是一种动态的、以生态学为基础的自然资源管理系统,通过在农地及牧地上种植树林达到生产的多样性和持续发展,从而使不同层次的土地利用者获得更高的社会、经济和环境方面的效益^[2,3]。林粮间作模式是农林复合系统的主要模式之一。银杏是一种集用材、药用、观赏为一体的多用途树种,且因其前期生长较慢,实行银(杏)粮复合经营,对作物的负作用不大,而后期树冠虽然有所增大,但已进入结果期^[4],其较高经济效益可以弥补作物减产所带来的经济损失,因此,银(杏)粮复合模式是一种发展前景较好的农林复合模式。黄淮海平原林业在积极满足不同时期社会经济发展的需求、不断调整发展方向和内容的过程中,也发展了这种经营模式。热量平衡是小气候形成的物理基础,也是影响复合系统水热资源利用率的重要气象因子。但目前有关该地区银(杏)粮间作系统热量效应的研究未见有详尽的文献报道。而且黄淮海平原地区农业水资源十分紧缺,所以,能否有利于改善农田水分状况是该地区开展农林复合经营的先决条件,充分了解复合系统中土壤水分的时空分布特征,是优化结构模式及实施水分调控的重要理论依据。为此,本文对黄淮海平原农区银杏-小麦间作系统水分效应和热量平衡效应进行分析,试图为该地区开展农林复合经营提供科学的理论依据。

收稿日期: 2000-07-06

基金项目: “九五”国家科技攻关“黄淮海平原农区生态经济型防护林研究与开发”专题的部分内容

作者简介: 张劲松(1968),男,浙江永嘉人,博士、副研究员。

1 试区概况与试验研究方法

1.1 试区概况及间作系统介绍

试验区位于北京市大兴区南各庄乡境内(114°14' E, 39°36' N), 属温带大陆性季风气候。年平均气温 11.5 °C, 年平均降水量 568.9 mm, 年平均蒸发量 1 800 mm。且降雨季节分配不均, 7—8 月份的降水量占全年总降水量的 65%。冬、春季节风多、风速大, 以偏北风为主, 风沙活动较频繁, 风蚀比较严重。试区土质以沙土为主, 土壤养分含量低, 保水、保肥性能差, 素有“薄、碱、沙、瘠”之称。地下水位 8—12 m。种植制度 1 a 两熟。

该区始建于 1993 年, 总面积为 86.67 hm²。主要树种有毛白杨(*Populus tomentosa* Carr.)、国槐(*Sophora japonica* L.)、刺槐(*Robinia pseudoacacia* L.)、垂柳(*Salix capitata* L.)、五角枫(*Acer truncatum* Bge.)、银杏(*Ginkgo biloba* L.)和核桃(*Juglans regia* L.)等。试验区林木覆盖率为 27.0%(1999 年), 结构配置以生态经济型防护林带为主, 辅以银(杏)粮间作、核(桃)粮间作等多种林(果)粮间作模式, 现已初步形成一个多树种、多类型、多功能的生态经济型农林复合系统试验示范区。

在试验区中部选择一种宽带距的银杏-小麦间作系统为研究对象。银杏带长为 150 m, 共计 5 条间作林带, 1 带 2 行, 带间距离为 20 m, 林带走向为东西方向, 带内银杏株行距均为 3 m × 3 m。间作系统总占地面积为 1.43 hm², 冬小麦和银杏的实际占地面积分别为 1.20、0.23 hm²。银杏栽植时间: 1993 年春季。1999 年树高 2.4 m, 冠幅 1.4 m, 胸径 6.2 cm。供试小麦品种为农大“3291”。另设单作麦田作为对照(CK)。

1.2 测点布置与主要观测项目

1.2.1 小气候观测 在间作系统中部, 沿垂直于银杏间作林带南北中心线上 S 1.0 m、N 1.0 m(即距南、北两侧林带各 1.0 m, 下同)、S 4.0 m、N 4.0 m 和 10.0 m(农田中心)处小麦活动面及活动面上 0.5、2.0 m 处用通风干湿表与轻便风速表观测温度、湿度和风速, 在小麦活动面上 1.0 m 处用天空辐射表和辐射平衡表测定总辐射、反射辐射和净辐射; 观测日期: 1998 年 5 月 8 日—6 月 10 日(小麦抽穗—乳熟期), 选择典型晴天、阴天天气日, 每旬观测 2—3 d。观测时刻: 7:00—19:00 点, 每 1 h 观测 1 次。

1.2.2 土壤热通量测定 采用土壤热通量板测定 30 cm 处土壤热通量, 测定时间同 1.2.1 节。

1.2.3 小麦光合强度与蒸腾强度测定 于 S 1.0 m、N 1.0 m、S 2.0 m、N 2.0 m、S 4.0 m、N 4.0 m 和 10.0 m 处用 LI-6200 型光合仪测定小麦叶片光合强度与蒸腾强度。观测时期: 1998 年 4 月 10 日—6 月 10 日(小麦拔节—乳熟期)。观测时刻: 7:00—19:00 点, 每 2 h 观测 1 次。

1.2.4 银杏叶片蒸腾强度测定 于树体冠层中部, 随机取 6 片叶片(遮阴和不遮阴各 3 片), 用 LI-6200 型光合仪测定其蒸腾速率, 测定时间同 1.2.3 节。

1.2.5 土壤水分测定 采用土钻法测定银杏林带中心处(简称 0.0 m)、S 0.5 m、S 1.0 m、S 2.0 m、S 4.0 m、N 0.5 m、N 1.0 m、N 2.0 m、N 4.0 m 和 10.0 m(农田中心)处的土壤含水量。测定深度为 0—120 cm, 0—40 cm 内每隔 10 cm 采样, 40—120 cm 内每隔 20 cm 采样。测定时期同 1.2.3 节, 每 10 d 测定 1 次, 降雨及灌溉后加测。

1.2.6 生物量测定 于小麦拔节、孕穗、开花、灌浆和腊熟期, 在 0.0 m、S 0.5 m、S 1.0 m、S 2.0 m、S 4.0 m、N 0.5 m、N 1.0 m、N 2.0 m、N 4.0 m 和 10.0 m(农田中心)处测定小麦叶面积指数,

并于腊熟期进行小麦产量测定。此外,于4月10日—6月10日,每隔15 d测定银杏林带叶面积指数。

与此同时,在CK处进行上述项目的观测。

1.3 主要计算方法

$$1.3.1 \text{ 冠层热量平衡} \quad R_n = LE + H + G \quad (1)$$

式(1)中, R_n :冠层净辐射; LE :冠层潜热通量; H :冠层感热通量; G :土壤热通量。 LE 和 H 的计算公式如下:

$$LE = -\rho K_w (\Delta q / \Delta Z) \quad (2) \quad H = -\rho C_p K_H (\Delta T / \Delta Z) \quad (3)$$

式(2)、式(3)中, ρ 空气密度; L 汽化潜热; C_p :空气定压比热; ΔZ :高度差; Δq 、 ΔT 分别为两个高度上空气比湿度差和温度差; K_w 、 K_H 分别为水汽和热量的湍流交换系数。在均匀下垫面条件下,可假设 $K_w = K_H$,即可采用波文比法计算。对于非均匀垫面,在平流逆温时,可假设 $K_w/K_H = 1.2$ [5],本研究取 $K_w/K_H = 1.4$ 为订正值。将 ρ 、 C_p 、 L 以及 K_w/K_H 值代入式(2)、式(3),并用水汽压差(Δe)代换比湿度差(Δq),则得到:

$$LE = \frac{R_n - G}{1 + 0.90 \Delta T / \Delta e} \quad (4) \quad H = \frac{R_n - G}{1 + 1.11 \Delta e / \Delta T} \quad (5)$$

$$1.3.2 \text{ 群体蒸腾速率} (TR_{\text{plant}}) \quad TR_{\text{plant}} = LAI \times TR_{\text{leaf}} \quad (6)$$

式(6)中, LAI :叶面积指数; TR_{leaf} :叶片蒸腾速率。

$$1.3.3 \text{ 小麦叶片水分利用效率} (WUE) \quad WUE (\text{mmolCO}_2/\text{molH}_2\text{O}) = \frac{\sum PH}{\sum TR_{\text{leaf}}} \quad (7)$$

式(7)中, $\sum PH$:一定时期内的光合强度(本文用7:00—19:00白天日总量表示), $\sum TR_{\text{leaf}}$:同时期内的蒸腾总量。

2 结果与分析

2.1 间作系统热量效应

2.1.1 对总辐射的影响 对小麦孕穗期—乳熟期4个晴天日、3个阴天日的白天总辐射分别进行平均,结果表明(表1):晴天日,间作系统内小麦冠层白天总辐射约为 $23.59 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$,比单作系统的 $25.38 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 低7.6%左右,这主要由于间作林带的遮阴而导致直接辐射的减少;阴天日,间作系统为 $12.15 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$,单作系统为 $12.28 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$,二者仅差1.1%。

表1 间作系统(agrof)和单作系统(CK)小麦冠层白天总辐射(Q)与净辐射(R_n)的比较

| 项目 | $Q / (\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1})$ | | $R_n / (\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1})$ | | $(R_n/Q) / \%$ | |
|--------|---|-------|---|-------|----------------|------|
| | agrof | CK | agrof | CK | agrof | CK |
| 晴天日平均值 | 23.59 | 25.38 | 15.99 | 15.14 | 67.8 | 59.7 |
| 阴天日平均值 | 12.15 | 12.28 | 6.16 | 6.18 | 50.7 | 50.3 |

注:晴天为1998年5月8、9、24、25日;阴天为5月11、17、18日。

2.1.2 对净辐射的影响 净辐射是下垫面各种热量、动量和水分交换的主要动力。研究表明(表1):在晴天,间作系统小麦冠层白天净辐射(R_n)、净辐射与总辐射比值(R_n/Q)分别为 $15.99 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 和67.8%,比单作系统的 $15.14 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 和59.7%分别约高5.6%和

13.6%。在阴天,间作系统的 R_n 、 R_n/Q 比单作系统分别约低 1.9%、6.7%。

2.1.3 对潜热通量的影响 潜热通量(LE)又可称蒸散耗热,是热量平衡的主要耗热项,它直接影响着植物的水分利用效率。研究表明(表2):冬小麦灌浆期间,在晴天,间作系统中小麦冠层白天潜热通量为 $16.27 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$,比单作系统的 $17.46 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 低 6.8%;在阴天,间作系统中潜热通量为 $5.94 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$,与单作麦田的 $5.92 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 仅相差 0.33%。说明间作系统具有降低麦田潜热通量的作用。

从 LE 和 R_n 的比值来看(表2),间作系统和单作系统的小麦冠层净辐射主要都用于潜热蒸散,不过在不同天气条件下, LE/R_n 值会有所差异,晴天时,间作系统为 101.8%,单作系统为 115.3%。 LE/R_n 值大于 100%,说明小麦还须从感热通量中吸收部分热量,用于补充潜热蒸散,吸收值分别为 1.62 、 $3.42 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$;而阴天时,间作系统和单作系统的 LE/R_n 均小于 100%,但前者要大于后者,二者分别为 96.4%、95.8%。

表2 间作系统(agrof)和单作系统(CK)小麦冠层白天热量平衡表

| 项目 | agrof/ ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$) | | | CK/ ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$) | | | agrof/ % | | | CK/ % | | |
|--------|--|-------|-------|---|-------|-------|----------|---------|-----------|----------|---------|-----------|
| | LE | H | G_s | LE | H | G_s | LE/R_n | H/R_n | G_s/R_n | LE/R_n | H/R_n | G_s/R_n |
| 晴天日平均值 | 16.27 | -1.62 | 1.34 | 17.46 | -3.42 | 1.10 | 101.8 | -10.1 | 8.4 | 115.3 | -22.6 | 7.3 |
| 阴天日平均值 | 5.94 | 0.16 | 0.06 | 5.92 | 0.18 | 0.08 | 96.4 | 2.6 | 1.0 | 95.8 | 2.9 | 1.3 |

注: R_n 、 LE 、 H 、 G_s 分别表示潜热通量、感热通量和土壤热通量;晴天为 1998 年 5 月 8、9、24、25 日;阴天为 5 月 11、17、18 日

2.1.4 对感热通量的影响 感热通量(H)也称湍流热通量,从表2可知,在晴天,间作系统和单作系统中小麦冠层白天感热通量(H)均为负值,其值分别为 -1.62 、 $-3.42 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, H 为负值,即 $R_n - LE - G_s < 0$,说明 H 的方向均指向作物层,表明湍流热通量从空气中吸收热量,并用于蒸散耗热,这种效果是由平流的存在造成的,从而产生感热平流。比较二者的绝对值,间作系统比单作系统高 52.6%;在阴天,间作系统和单作系统均为正值,其值分别为 0.16 、 $0.18 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$,前者比后者小 11.1%。故在晴天和阴天,间作系统均具有降低湍流热交换量的作用。

2.1.5 对土壤热通量的影响 研究表明(表2):冬小麦灌浆乳熟期,在晴天,间作系统白天土壤热通量要比单作系统高 21.8%,在阴天,间作系统要比单作系统低 25.0%;说明在晴天,间作系统具有增加土壤热通量的作用,在阴天则相反。

2.2 间作系统水分效应

2.2.1 间作系统与单作系统小麦蒸腾耗水量的比较 对间作系统各测点小麦蒸腾耗水量进行平均,结果表明(表3):拔节 腊熟期,间作系统各生育时段内小麦蒸腾耗水量均低于单作系统,全时段间作系统日平均值 2.36 mm ,比单作系统的 2.89 mm 约低 18.4%,说明间作系统具有明显的降低小麦蒸腾速率的作用。

2.2.2 间作系统各组分日蒸腾耗水比例关系 由表4可知:5月1日 6月10日(小麦抽穗 腊熟

表3 间作系统与单作系统小麦蒸腾耗水量的比较

| 生育时段 | TR / mm | TR_{CK} / mm | $((TR_{CK} - TR) / TR_{CK})$ | |
|-------|--------------|-------------------|------------------------------|------|
| | | | | / % |
| 拔节 孕穗 | 21.96 | 25.60 | | 14.2 |
| 孕穗 开花 | 46.31 | 56.96 | | 18.7 |
| 开花 灌浆 | 43.29 | 55.36 | | 21.9 |
| 灌浆 腊熟 | 32.62 | 38.28 | | 14.9 |
| 日平均 | 2.36 | 2.89 | | 18.4 |

注: TR 和 TR_{CK} 分别表示复合系统、单作系统小麦蒸腾耗水量。

期) 各时段内的小麦蒸腾耗水量均高于银杏, 实际占地面积为 13.4 hm² 的间作系统在孕穗 腊熟期总耗水量为 36.45 m²·d⁻¹, 其中小麦占 91.7%, 银杏仅占 8.3%, 二者比值为 10.9, 可见小麦蒸腾耗水量远高于银杏, 间作系统耗水以小麦耗水为主。

2.2.3 间作系统麦地土壤水分效应 对拔节至腊熟期间(4月10日

6月10日) 各测点0 100 cm 土壤贮水量平均值(W)和距林带距离(x)进行统计分析, 结果表明二者关系呈抛物线状(图1), 相关系数 r= ±0.9501, 曲线方程式为:

$$W(x) = -0.2883x^2 + 5.6964x + 168.04 \quad (0 < x < 20) \quad (8)$$

系统内水平方向上土壤贮水量的平均值(W_{mean})可用下式来表示:

$$W_{mean} = \left(\int_{1.0L}^{0.0} W(x) dx \right) / 1.0L \quad (9)$$

式(9)中, L 为间作带距, 本研究中 L 为 20.0 m。计算得土壤贮水量的平均值为 186.2 mm。对比单作(麦田)系统, 间作系统中土壤水分效应(E)水平分布状况可用下式表示:

$$E(x) = (W - W_{CK}) / W_{CK} \times 100\% \quad (10)$$

式(10)中, W_{CK}为单作系统土壤贮水量(174.3 mm)。将式(8)和 W_{CK}值代入式(10)可得:

$$E(x) = -0.1654x^2 + 3.268x - 3.6 \quad (11)$$

经计算, 银杏- 小麦间作系统土壤水分效应的平均值为 6.84%, 即可使 0 100 cm 土壤贮水量提高 6.84%。

为更直观地显示间作系统土壤水分效应水平分布状况, 将式(11)转换为曲线图(图2)。从该图可知, 在距林带 1.0 m 左右, 约 0.5 倍树高处间作系统土壤水分效应值为 0.0, 即此处的土壤水分与单作系统基本相等; 0.0 1.0 m 为土壤水分的降低区, 称为间作系统土壤水分负效应区; 1.0 2.0 m 为土壤水分的提高区, 称为土壤水分正效应区。正效应的存在, 是由于银杏- 小麦间作系统的动力效应和热力效应等小气候效应的综合作用。负效应的出现, 主要是由于这种小气候综合作用还不能足以抵消银杏根系的吸水作用。

表 4 间作系统实际占地面积上小麦与银杏日蒸腾耗水量的比较

| 时段 (月- 日) | W/ (m ³ ·d ⁻¹) | G/ (m ³ ·d ⁻¹) | S/ (m ³ ·d ⁻¹) | (W/S) / % | (G/S) / % |
|--------------|--|--|--|--------------|--------------|
| 05- 01 10 | 39.82 | 2.10 | 41.92 | 95.0 | 5.0 |
| 05- 11 20 | 49.80 | 2.72 | 52.52 | 94.8 | 5.2 |
| 05- 21 31 | 36.48 | 3.40 | 39.88 | 91.5 | 8.5 |
| 06- 01 10 | 7.56 | 3.95 | 11.51 | 65.7 | 34.3 |
| 总平均 | 33.42 | 3.04 | 36.45 | 91.7 | 8.3 |

注: W、G 分别代表小麦和银杏蒸腾量, S 代表小麦和银杏蒸腾的总量。

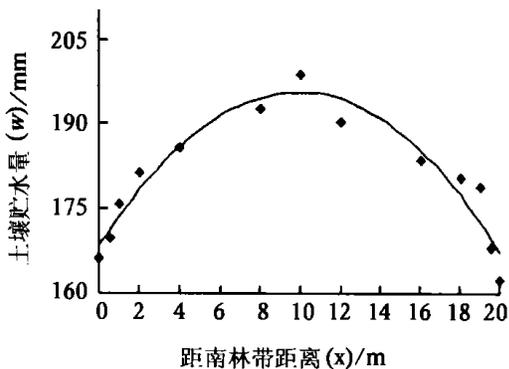


图 1 间作系统中 0 100 cm 土壤贮水量水平分布

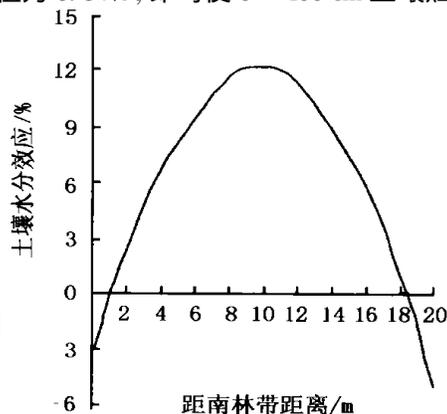


图 2 间作系统土壤水分效应水平分布

2.2.4 银杏-小麦间作系统水分利用率 研究表明(表5):拔节 腊熟期(4月10日 6月10日),间作系统内小麦叶片水分利用率要高于单作系统,平均约高4.0%。小麦水分利用率的提高主要是由于间作系统小麦蒸腾效应和麦田土壤水分效应的共同作用。

表5 间作系统与单作系统小麦叶片水分利用率的比较

| 生育时段 | $WUE/$ ($\text{mmolCO}_2/\text{molH}_2\text{O}$) | $WUE_{CK}/$ ($\text{mmolCO}_2/\text{molH}_2\text{O}$) | $((WUE - WUE_{CK}) / WUE_{CK}) / \%$ |
|-------|---|--|--------------------------------------|
| 拔节 孕穗 | 1.45 | 1.41 | 2.8 |
| 孕穗 开花 | 2.58 | 2.46 | 4.9 |
| 开花 灌浆 | 1.97 | 1.87 | 5.3 |
| 灌浆 腊熟 | 1.28 | 1.25 | 2.4 |
| 平均 | 1.82 | 1.75 | 4.1 |

注: WUE 、 WUE_{CK} 分别表示间作系统、单作系统的小麦叶片水分利用率。

3 结 论

(1) 小麦抽穗 乳熟期,在晴天,间作系统白天总辐射量(Q)低于单作系统,净辐射量(R_n)和潜热通量(LE)均高于单作系统,感热通量(H)和土壤热通量(G_s)均低于单作系统;阴天时二者间 Q 差异不大、 R_n 差异和 G_s 差异与晴天时均相反、 LE 差异极小、 H 差异与晴天时一致。

(2) 小麦拔节 乳熟期,间作系统内小麦蒸腾明显地低于单作系统;实际区域面积上,间作系统中小麦与银杏蒸腾量的比例约为 10.9,说明间作系统耗水以小麦耗水为主;间作系统内麦田土壤贮水量随带距的变化呈抛物线状分布,对比单作系统,带距 0.0—1.0 m 为土壤水分的降低区,带距 1.0 m—20.0 m 为土壤水分的提高区,总体上使麦地 0—100 cm 土壤贮水量提高 6.84%;间作系统小麦叶片水分利用率要高于单作系统。

参考文献:

- [1] 庞爱权. 中国农林复合系统的经济评价[J]. 自然资源学报, 1997, 12(2): 176—182
- [2] Leakey. 复合农林业进行再定义[J]. 熊国炎译. 当代复合农林业, 1997, (2): 41
- [3] Leakey R. Definition of agroforestry revised[J]. Agroforestry Today, 1996, 8(4): 5—7
- [4] 许向宇. 银杏的栽培技术与模式[J]. 安徽农业大学学报, 1996, 23(4): 542—545
- [5] N. J. 罗森堡. 小气候—生物环境[M]. 何章起译. 北京: 科学出版社, 1982. 194—195

Study on the Water and Heat Effects of Ginkgo-Wheat Inter-cropping

ZHANG Jin-song¹, SONG Zhao-min¹, MENG Ping¹, XIN Xue-bing¹, LU Guang-ming²

(1. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China; 2. China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: The effects of ginkgo-wheat inter-cropping on heat of daytime and field water were studied in the Huang-Huai-Hai Plain. Comparing with the sole wheat field(CK), the results showed that: (1) during the wheat filling-maturity stage, the total solar radiation flux decreased by 7.6% in a clear daytime, and there was no significant difference between the inter-cropping and CK in the overcast daytime; the net radiation flux increased by 5.6% in a clear daytime, and decreased by 1.9% in an overcast daytime; the latent heat flux decreased by 6.8% in a clear daytime, and there was no significant difference between the inter-cropping and CK in an overcast daytime; the sensible heat flux decreased by 52.6%, 11.1% in a clear and overcast daytime respectively; the soil heat flux increased by 21.8% in a clear daytime, and decreased by 25.0% in an overcast daytime. (2) during the jointing-maturity stage, the daily transpiration decreased by 18.3%; the water consumption proportion through transpiration of wheat to ginkgo was 10.9 in actual land area; the soil water capacity in 0—100 cm increased by 6.84%; the water utilization efficiency of wheat leaf increased by 4.0%.

Key words: ginkgo-wheat inter-cropping; effect on heat; effect on field water