

梨麦间作系统水分效应与土地利用效应的研究

孟平, 张劲松

(中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091)

摘要: 对黄淮海平原农区宽带距多行带梨麦间作系统水分效应、产量效应与土地利用效应进行了研究。结果表明: 小麦拔节—乳熟期间, 间作系统内小麦日蒸腾耗水比单作麦田低 21.6%; 距梨树 0.0~7.0 m, 为土壤水分的降低区, 7.0~25.0 m 为土壤水分提高区, 间作系统总体上使麦田 0~200 cm 土壤贮水量提高 11.81%; 间作系统内小麦水分利用率比单作麦田约高 8.7%; 间作系统小麦单产量比单作麦田高 6.6%, 土地当量值可达 1.19。就水分效应和土地利用效应而言, 在黄淮海平原农区发展这种宽带距多行带梨麦间作模式具有一定的可行性。

关键词: 梨麦间作系统; 水分效应; 产量效应; 土地利用效率

中图分类号: S727.24 文献标识码: A

农林复合系统在改善农田生态环境、提高自然资源利用率、增加农民收入、促进生态与经济协调发展等方面具有重要的理论与实践意义^[1~5]。果粮间作是农林复合系统的主要模式之一, 在我国黄淮海平原农区较为普遍。特别是近十几年来, 由于果树具有相对较高的经济效益, 果粮间作较受农民欢迎, 但本地区人均耕地面积不多, 又地处半干旱气候区, 故将果树引入农田生态系统, 势必与作物发生“争地、争水”等方面的矛盾, 协调这一矛盾是农林复合系统研究的重要课题。为此, 于 20 世纪 90 年代初期, 在黄淮海平原农区“农林复合系统”综合试验区内, 建立宽带距多行带梨粮间作试验模式, 梨树现已进入盛果期。本文将对其水分效应、产量效应和土地利用效率进行分析与评价, 旨在为该地区农林复合系统的发展提供一定的理论依据。

1 试区概况与试验研究方法

1.1 试区概况

试区位于河北省饶阳县大官亭乡农林复合系统试验区内(115°33' E, 38°20' N), 属温带大陆性季风气候, 年降水量为 534 mm, 年平均气温为 12.2 °C, 年平均蒸发量为 1970.7 mm。地下水位 8~10 m。地势平坦, 地貌类型为滹沱河决口淤积平原, 土壤为砂壤质潮土。试区始建于 1983 年, 占地面积 849 hm², 现已形成一个以农田防护林网为主体, 辅以林粮间作及成片用材林与经济林等多种类型的农林复合生态系统试验样板区, 林木覆盖率达 22.4%(1996 年)。在试验区中部选择一种宽带距多行带的梨粮间作模式为研究对象, 其结构配置为: 梨树 1 带 4 行, 南北行向, 带长 215 m, 带距 50 m, 带内梨树株行距均为 3 m × 5 m。间作系统中, 冬小麦和梨树

收稿日期: 2003-07-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(39770624)、国家林业局森林培育重点实验室资助项目的部分研究内容

作者简介: 孟平(1961—), 男, 辽宁新宾人, 研究员。

的实际占地面积分别为 13.0、4.0 hm^2 。梨树于 1990 年秋季定植, 品种: 河北鸭梨 (*Pyrus hopeiensis* Yü)。现树高 3.5 m, 冠幅 3.6 m, 胸径 19.3 cm。间作冬小麦 (*Triticum aestivum* Linn.) 品种为冀麦“26”。另设单作麦田和清耕梨园作对照点(分别记为 CK_1 和 CK_2), 梨树株行距为 3 m \times 5 m, 种植时间同间作系统。

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, 在梨树林带南北中心线上, 距梨树林带 1.0、4.0、8.0、16.0、25.0 m 处活动面上 0.5 m 及 2.0 m 处用通风干湿表和轻便风速表进行温度、湿度及风速的梯度观测。观测时间: 1995-04-10~ 06-08, 正处小麦拔节—乳熟期, 选择典型天气于当日 7:00~ 19:00, 每 1 h 观测 1 次, 共观测 21 d。

1.2.2 小麦光合及蒸腾速率测定 在间作系统中部, 梨树林带南北中心线上, 距梨树带 1.0、4.0、8.0、12.0、16.0、20.0 和 25.0 m 处, 采用 LF6200 光合分析仪测定小麦叶片光合及蒸腾速率。观测日期同 1.2.1, 每 1 h 观测 1 次。

1.2.3 土壤水分测定 距离梨树带 0.5、1.0、2.0、4.0、6.0、8.0、10.0、12.0、14.0、16.0、18.0、20.0 和 25.0 m 处采用中子仪测定土壤含水量。测定深度为 0~ 200 cm, 取样步长 10 cm。测定时间: 每 10 d 测定 1 次, 降雨及灌溉后加测。

与此同时, 在 CK_1 点进行小气候、土壤水分观测和生物量测定; 在 CK_2 点进行产量调查。

1.3 主要计算方法

1.3.1 小麦群体蒸腾速率(TR_{plant})

$$TR_{\text{plant}} = LAI \times TR_{\text{leaf}} \quad (1)$$

式 1 中, LAI : 小麦叶面积指数; TR : 小麦叶片蒸腾速率。

1.3.2 小麦叶片水分利用效率(WUE) WUE 是指一定时期内光合强度($\sum PH$)与同时期的蒸腾($\sum TR$)(本文用 7:00~ 19:00 白天日总量计算)之比, 即:

$$WUE(\text{mmolCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}) = \sum PH / \sum TR \quad (2)$$

1.3.3 土地当量(LER)计算

$$LER = \frac{\text{间作系统果树单位面积产量} + \text{间作系统小麦单位面积产量}}{\text{清耕果园果树单位面积产量} + \text{单作麦田小麦单位面积产量}} \quad (3)$$

1.3.4 动力摩擦速度(V^*)和湍流系数(K)的计算式^[6]

$$V^* = \begin{cases} \frac{V(z)B}{\ln \frac{Z-d}{Z_0}} & (-0.01 < R_i < 0.01) \\ \frac{V(z)B}{\ln \frac{Z-d}{Z_0} - \Psi} & (R_i < -0.01 \text{ 或 } R_i > 0.01) \end{cases} \quad (4)$$

$$K = BV^*(Z-d) \quad (5)$$

式(4)、(5)中, d : 零平面位移($d = 0.63H$, H : 植株高度), B : 卡曼常数($B = 0.4$); $V(z)$: Z 高度处的风速; Z_0 : 粗糙度($Z_0 = 0.13H$); R_i : 理查逊数, 可用式(6)计算得到; Ψ 调节参数, 可用式(7)计算得到。

$$R_i = \frac{g(T_2 - T_1)}{T(V_1 - V_2)} \ln \frac{Z_2 - d}{Z_1 - d} \sqrt{(Z_1 - d)(Z_2 - d)} \quad (6)$$

式(6)中, g 为动力加速度, T_1 、 T_2 、 V_1 、 V_2 为相应高度上的温度和风速, T 为 Z ($Z = \sqrt{(Z_1-d)(Z_2-d)}$) 高度上的风速; 本研究取 $Z_1-d = 0.5$ m, $Z_2-d = 2.0$ m。

$$\Psi = \begin{cases} -5R_i & (-0.01 < R_i < 0.01) \\ 2\ln \frac{1+X}{2} + \ln \frac{1+X^2}{2} - 2\text{tg}^{-1}X + \frac{\pi}{2} & (R_i < -0.01 \text{ 或 } R_i > 0.01) \end{cases} \quad (7)$$

$$\text{式(7)中: } X = (1 - 15R_i)^{0.25} \quad (8)$$

2 结果与分析

2.1 间作系统小麦蒸腾效应

拔节至乳熟期间(04 10~ 06 08), 梨麦间作系统日蒸腾耗水量比单作麦田低 21.6%, 可见, 这种宽带距多行带的梨麦间作模式具有明显地降低小麦蒸腾的作用。间作系统内小麦蒸腾耗水量的降低与间作系统动力效应有一定的关系。作物蒸腾是农田蒸散的主要组成部分, 就防护林影响农田蒸散机制问题, Nurborg 曾剖析 Penarmonteith 公式指出, 影响蒸散的关键因子是植被冠层导度, 它同时出现在蒸散的能量驱动项和扩散驱动项,

而又制约于风速^[7]。本研究计算表明: 对照单作麦田, 间作系统的动力摩擦速度及湍流系统比单作麦田分别低 20.4% 和 21.4%, 即具有显著的动力效应。

2.2 间作系统麦地土壤水分效应

对小麦拔节至乳熟期间作系统内各测点 0~ 200 cm 土壤贮水量平均值(W) 和带距(X) 进行统计拟合得到:

$$W = 526.23 + 11.55X - 0.23X^{1.98} \quad (0 < X < 50, \text{ 相关系数 } r = 0.9012) \quad (9)$$

式(9)表明: W 随 X 的增加呈抛物线状分布趋势。对该式进行求解, 当 $X = 25.36$ m 时, 即间作麦地的中心位置左右, W 达最高值 671.22 mm。

梨树间作系统中梨树对麦地土壤水分的影响程度(E), 即间作系统的土壤水分效应, 计算公式为:

$$E = (W - W_{CK1}) / W_{CK1} \times 100\% \quad (10)$$

式(10)中, W_{CK1} 分别为单作系统麦地 0~ 200 cm 土壤贮水量平均值。经实测, $W_{CK1} = 595.81$ mm, 则:

$$E = 0.12 - 0.02X + 3.86 \times 10^{-4} X^{1.98} \times 100\% \quad (11)$$

对式(11)进行求解, 当 $X = 7.0$ m 时, 即约在 2 倍树高处, $E = 0.0$ 。在 $X < 7$ m 范围内, 土壤水分效应为负值, 将此范围称为间作系统的负效应区; 在 $X > 7$ m 区域内, 土壤水分效应为正值, 称正效应区。对式(11)进行积分可求得, 在 0~ 50 m 内, 间作系统土壤水分总体效应为 11.81%。即, 在拔节至乳熟期间, 梨麦间作系统可使麦地 0~ 200 cm 土壤贮水量总体提高 11.81%。正效应的存在, 是由于梨麦间作系统的动力效应和小麦蒸腾效应等小气候效应的综

表 1 梨麦间作系统对小麦蒸腾耗水量的影响

时段(月日)	系统小麦蒸腾强度		单作小麦 ($TR - TR_{CK1}$)/ TR_{CK1} /%
	(TR)/mm	(TR_{CK1})/mm	
04 10—04 19	19.8	30.7	-35.5
04 20—04 29	25.3	33.2	-28.3
04 30—05 09	37.4	44.7	-16.3
05 10—05 19	40.0	50.5	-20.8
05 20—05 29	28.3	36.2	-21.8
05 30—06 08	21.0	23.4	-10.3
合计	171.8	218.7	-21.4
日平均	2.86	3.65	-21.6

合作用。负效应的出现,说明这种小气候的综合作用还不能足以抵消梨树根系的吸水作用。

2.3 梨麦间作系统水分利用率

研究表明(表 2):拔节至乳熟期间(4月10日—6月8日),系统内小麦水分利用率要高于单作麦田(CK_1),平均约高 8.7%。小麦水分利用率的提高与间作系统小麦蒸腾降低效应和土壤水分增加效应有关。

表 2 间作系统对小麦水分利用率的影响

生育期	间作系统(WUE)/ ($\text{mmolCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$)	单作麦田(WUE_{CK_1})/ ($\text{mmolCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$)	($WUE-WUE_{CK_1}$)/ (WUE_{CK_1})/%
拔节期	1.47	1.40	5.0
扬花期	2.56	2.35	8.9
灌浆期	1.79	1.56	14.7
乳熟期	1.38	1.30	6.2
平均	1.80	1.70	8.7

2.4 产量效应与土地利用效应

产量分析表明(表 3):间作系统中,在距离梨树行带 0.0~4.0 m 范围内,因果树遮荫及梨麦对水肥的竞争,小麦单产比单作麦田(CK_1)低 14.0%,二者分别为 4 834.9 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、5 622.0 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;

4.0~7.0 m 范围,产量为 5 598.0 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,与 CK_1 点差别不大;7.0~25.0 m 范围平均产量为 6 763.3 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,比 CK_1 约高 20.3%。系统内小麦平均产量为 5 994.4 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,比单作麦田高 6.6%。这种增产效应,对弥补果树占农地所带来的产量损失,具有重要的作用。若将间作系统中的小麦产量折合成系统总面积水平上的单产量,其值为 4 584.0 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,比对照点低 1 058 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,这是梨树占用麦田所导致的产量损失。

表 3 间作系统产量效应和土地利用效率

配置模式	梨产量		小麦产量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	土地当量
	株数/ ($\text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$)	产量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)		
间作系统	205	21 607.0	4 584.0	1.19
单作麦田			5 622.0	1.0
清耕梨园	667	59 763.2		1.0

经计算,土地当量可达 1.19。对比单作麦田和清耕梨园,土地利用效率可提高 19.0%,即在相同的管理条件下,单作所需要的土地面积是间作的 1.19 倍。基于间作所产生的产量效应和土地利用效应,可以认为,在黄淮海平原农区适度配置这种宽带距多行带的果粮间作模式,农林“争地”矛盾不会太突出。

4 小结

黄淮海平原农区宽带距多行带梨麦间作系统小麦日蒸腾速率比单作麦地低 21.6%;梨麦间作系统内麦地土壤贮水量随距梨树带距离的增加呈抛物线状分布趋势。对比单作麦田,距梨树带距离 0.0~7.0 m、7.0~25.0 m 分别为土壤水分的降低区、提高区,总体上使麦地 0~200 cm 土壤贮水量提高了 11.81%。梨麦间作系统小麦叶片水分利用率比单作麦田高 8.7%;梨麦间作系统可使小麦单产量提高 6.6%,土地当量值可达 1.19。从水分效应、产量效应和土地利用效应方面,在黄淮海平原农区发展多行带宽带距的果粮间作模式完全可行。该模式对促进经济与环境的持续协调发展具有重要的现实意义。

参考文献:

- [1] 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
- [2] 宋兆民. 黄淮海平原综合防护林体系生态经济效益的研究[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1990
- [3] 杨修. 农林复合经营在农村可持续发展中的地位和作用[J]. 农村生态环境, 1996, 12(1): 37~ 41
- [4] Nair P K R. Classification of agroforestry system[J]. Agroforestry Systems, 1985, 3: 383~ 394
- [5] Shulte S. Agroforestry and soil conservation: adoption and profitability in EL Salvador[J]. Agroforestry Today, 1997, 9(4): 16~ 17
- [6] 张劲松, 宋兆民, 孟平, 等. 银杏- 小麦间作系统水热效应的研究[J]. 林业科学研究, 2002, 15(4): 457~ 462
- [7] Nuberg I K. Effect of shelter on temperature crops: a review to define research for Australian conditions[J]. Agroforestry Systems, 1998, 41: 3~ 34

Effects of Pear-Wheat Inter-cropping on Water and Land Utilization Efficiency

MENG Ping, ZHANG Jin-song

(Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091)

Abstract: The effects of Pear-Wheat inter-cropping with big spacing and several rows on water, yields and land utilization in the Huang-Huai-Hai Plain, were studied in this paper. The results indicated that the wheat transpiration in inter-cropping decreased by 21.6% compared to sole wheat field (CK₁). The soil water content in the range of 0.0~ 3.0 m away from the pear rows decreased but increased away from 6.0~ 25.0 m. In general, the soil water capacity of 0~ 200 cm depth and water utilization efficiency by wheat in the inter-cropping increased by 18.1% and 8.7% compared to CK₁ respectively. The wheat yields in inter-cropping increased by 6.6% compared to CK₁. The land equivalent ration (LER) was 1.19. So, it is feasible that this kind of inter-cropping will be developed in the Huang-Huai-Hai Plain as for the above-mentioned results.

Key words: Pear-Wheat inter-cropping; water ecological effects; field effects; land utilization effects