

# 平原区农田林网光强变化及其对小麦产量的影响

陈振江<sup>1</sup>, 李芳东<sup>1\*</sup>, 王保平<sup>1</sup>, 孟 伟<sup>1</sup>, 段 伟<sup>1</sup>,  
朱景乐<sup>1</sup>, 苏福疆<sup>2</sup>, 杨海清<sup>3</sup>

(1. 国家林业局 泡桐研究开发中心, 河南 郑州 450003;

2. 长葛市林业局, 河南 长葛 461500; 3. 河南省林业科学研究院, 河南 郑州 450008)

**摘要:** 研究了豫东平原农田林网内光合有效辐射及其对小麦产量的影响, 结果表明: 杨树林带对作物遮荫影响在 1 倍树高范围内, 1 倍树高之外影响不明显; 在第 1 点(0.1H, H 为树高)、第 2 点(0.5H)和第 3 点(1H)的光强分别占第 5 点(3.6H, CK)光强的 63.0%、88.2%、98.8%, 第 4 点(2.6H)光强与第 5 点几乎相等; 农田林网内不同时期遮荫效应依次是成熟期>灌浆期>开花期>苗期; 各点日变化均呈单峰曲线, 除第 1 点峰值出现在 14:00, 其余各点均出现在 13:00; 其中, 成熟期各点光强日变化最明显; 小麦产量呈现随试验点离林带距离的增加而增大的趋势, 第 4 点产量最高, 为 966.43 g/m<sup>2</sup>, 对照点有所降低; 小麦粒数变化与产量趋势一致, 千粒重随距林带距离增加有增大趋势, 但差异不明显; 小麦产量和粒数与光强均呈正相关( $P < 0.05$ ); 小麦千粒重与光强关系不明显。

**关键词:** 农田林网; 光强; 日变化; 小麦; 产量

**中图分类号:** S344.2      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2013)02-0020-06

## PAR Change of Farmland Shelterbelt and Its Effect on Wheat Yield in Plain Area

CHEN Zhen-jiang<sup>1</sup>, LI Fang-dong<sup>1\*</sup>, WANG Bao-ping<sup>1</sup>, MENG Wei<sup>1</sup>, DUAN Wei<sup>1</sup>,  
ZHU Jing-le<sup>1</sup>, SU Fu-jiang<sup>2</sup>, YANG Hai-qing<sup>3</sup>

(1. Paulownia Research and Development Centre of China, Chinese Academy of Forestry,  
Zhengzhou 450003, China; 2. Forestry Bureau of Changge City, Changge 461500, China;

3. Henan Academy of Forestry, Zhengzhou 450008, China)

**Abstract:** The photosynthetic active radiation(PAR) changes of farmland shelterbelt and its effect on wheat yield in eastern Henan plain were studied. The results showed that the effect of shelterbelt on crops occurred in the range of 1 time the tree height, and was not obvious outside it. The light intensity in first(0.1 time tree height), second(0.5 time) and third point(1 time) was respectively 63.0%, 88.2% and 98.8% that of fifth point(CK), while the light intensity in fourth point was almost the same to CK. The shading effect of farmland shelterbelt on wheat at different stages was: mature stage>filling stage>blossom stage > seedling stage. The daily variation at different points all showed a single-peak curve and the peak value appeared in 13:00 except the first point which appeared in 14:00. The daily variation of light intensity at different points was the most obvious at mature stage. The wheat yield increased with the increase of distance to the forest shelterbelt, and the highest yield came from the forth point(966.43 g/m<sup>2</sup>), even a little higher than CK. The change trend of grain number was the same as yield. The thousand grain weight increased with the increase of distance to shelterbelt, but was not significant. The yield and grain number of wheat had positive correlations with PAR( $P < 0.05$ ), and the thousand grain weight had no obvious relationship with PAR.

**Key words:** farmland shelterbelt; PAR; daily variation; wheat; yield

收稿日期: 2012-12-11

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划课题(2011BAD38B02)

作者简介: 陈振江(1987-), 男, 山东新泰人, 在读硕士研究生, 研究方向: 农林复合生态研究。E-mail: chenchenjiang106@163.com

\* 通讯作者: 李芳东(1963-), 男, 河南太康人, 研究员, 博士生导师, 主要从事农桐间作及经济林栽培育种研究。

E-mail: lifangdong66@163.com

农林复合系统(agro forestry)又称为农用林业、复合农林业或混农林业,是一种多功能的土地利用方式<sup>[1]</sup>。目前,农林复合系统的研究在理论和实践、广度和深度上都有了很大发展,已成为一门新兴的边缘性学科,并呈现出蓬勃的生机和巨大的潜力,为农业和林业可持续发展提供了新的思维和新的领域<sup>[2]</sup>。

利用农林复合系统,一直被设想为提高农作物产量,增进土壤肥力的有效策略<sup>[3-4]</sup>。然而,生产者最关心的往往是农林复合系统中农作物的产量,在以往的农林间作技术研究中,有增产的报道<sup>[5]</sup>,而更多的研究表明,复合农林种植会造成农作物减产<sup>[6-7]</sup>。农作物减产的原因可能是树木和农作物之间对光能、水分和养分等资源竞争所致<sup>[8]</sup>,其中,光能竞争被认为是最主要的因素<sup>[9]</sup>。

近年来,农林复合系统受到越来越多的关注和研究<sup>[10-11]</sup>,但长期以来,相关研究对生态因子的变化缺乏长期定位观测,为此,本研究针对杨树林网内光合有效辐射进行了长期定位观测,并对作物产量进行测量,以期为农田林网合理规划与可持续发展提供理论基础。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

试验地设在河南省长葛市董天龙村,地理坐标34.19°N,114.01°E。该村土壤肥沃,属暖温带大陆性季风气候,四季分明,雨热同季。年平均气温14.3℃,年平均降雨量689.7mm,年平均日照时数1883h。试验地林网规整320m×640m,株行距2m×3m,林带内4行杨树,品种为107杨(*P. × euramericana* cv. 107),树龄7a,林带平均高度15m,平均枝下高4.5m,东西冠幅平均5.5m。小麦品种为矮抗58。

### 1.2 试验设计

在杨树林网南北林带西侧设置2条平行观测线,每条线按照距离林带自东向西0.1H、0.5H、1H、2.6H、3.6H布置试验点(H为树高),分别标记为第1点至第5点,第5点为对照;2条观测线相距15m。在2条平行观测线范围内各试验点设定取样区域,样方面积为1m<sup>2</sup>。

### 1.3 测定项目及方法

1.3.1 光合有效辐射 测点内各设置1个光量子传感器,观测记录各测点光合有效辐射(PAR)变化。传感器支架高3m,由CR1000数据采集器每分钟记录1次。

1.3.2 小麦产量及因子 将1m<sup>2</sup>样方内小麦全部收割,称其鲜质量,将样品带回实验室,在80℃条件下连续烘干至恒质量,称其烘干质量,计算含水率。将各样方小麦种子风干,并随机抽取3个点,每点取100粒样品,在80℃条件下连续烘干至恒质量,称其烘干质量,计算千粒重和各测点单位面积小麦籽粒数<sup>[12]</sup>。

1.3.3 数据处理 采用Excel 2003软件进行数据预处理及作图,采用SPSS 13.0软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 小麦全生育期各点平均光强变化

小麦全生育期各点日平均光强变化规律十分明显(图1),从第1点[226.06 μmol/(m<sup>2</sup>·s)]到第5点[358.67 μmol/(m<sup>2</sup>·s)]光强逐渐增强,第3点之后趋势变缓,第3点到对照只增加了4.37 μmol/(m<sup>2</sup>·s)。图1为杨树林带对小麦的遮荫效应。前3个试验点光强分别占第5点光强的63.0%、88.2%、98.8%,第4点光强与第5点几乎相等(99.7%)。表明杨树林带在小麦全生育期内对作物遮荫效应在1倍树高之外影响不明显。

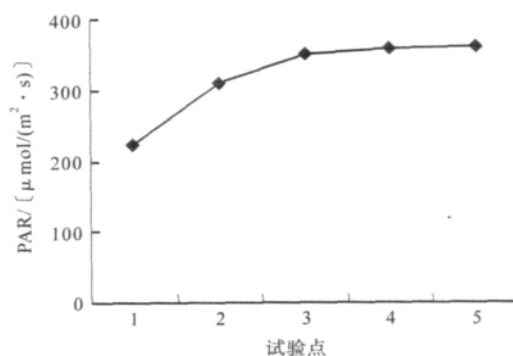


图1 小麦全生育期各点平均光强变化

### 2.2 小麦不同生育期林带内光强变化

杨树林带对小麦的遮荫影响与杨树物候期和小麦的生长期关系密切,随着杨树抽枝展叶和小麦的生长,在小麦不同生育期有不同的效应,在小麦开花和灌浆等关键时期尤为突出。表1所示小麦不同生育期各点光强变化规律明显。

小麦苗期杨树未抽枝发芽,对作物遮荫效应不明显,故各点光强变化不明显。第1点光强占第5点88.1%,第2点光强占第5点98.0%,各点差异不显著( $P>0.05$ )。小麦开花期,林带对作物遮荫效应增强,各点日平均变化趋势明显,呈现出离林带距离增加光强增大的趋势,第1点与除第2点外的其余各点差异均达到显著水平;第1点和第2点光强分别占第5点64.7%和89.2%,第3点与第5点差异很小。

表 1 小麦不同生育期林带内光强平均值

 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 

试验点	苗期	开花期	灌浆期	成熟期
1	291.41(103.61)a 0.881	208.71(115.06)a 0.647	225.52(102.77)a 0.553	178.62(89.98)a 0.479
2	324.17(112.62)a 0.980	287.88(161.06)ab 0.892	347.43(150.53)b 0.851	305.72(145.46)b 0.819
3	331.12(114.90)a 1.001	321.83(182.49)b 0.998	405.82(174.66)b 0.994	358.45(168.99)b 0.961
4	343.25(120.87)a 1.038	324.82(182.26)b 1.007	408.84(175.97)b 1.002	366.20(171.74)b 0.981
5	330.79(114.55)a 1	322.57(180.83)b 1	408.15(174.68)b 1	373.16(174.99)b 1

注:括号内数值为标准差,下方数值为与第 5 点比值,小写字母表示 5%显著水平。

小麦灌浆期和成熟期,杨树林带林冠茂密,遮荫效应达到最大,各点光强离林带距离增加呈现出连续升高趋势。2 个时期第 1 点光强与各点差异均达到显著水平,分别占第 5 点 55.3%和 47.9%;第 2 点光强占第 5 点 85.1%和 81.9%。

随着小麦生育期的变化,各试验点遮荫效应逐渐加重,各点光强与对照比值逐渐降低,距离林带最近的第 1 点变化最明显,从苗期占对照的 88.1%降低到成熟期的 47.9%;第 2 点从苗期占对照的 98.0%降低到成熟期的 81.9%,从第 3 点变化不再明显,从苗期到成熟期仅降低了 4 个百分点。

小麦不同生育期内,光强均随离林带距离的增加而增大,最小值均出现在第 1 点,最大值一般出现在第 4 点;第 3 点以后各点差别甚微,与对照比值均在 0.96 以上。农田林网内小麦不同生育期遮荫效应依次是成熟期>灌浆期>开花期>苗期。

### 2.3 小麦全生育期林带内各点光强日变化

图 2 是小麦全生育期林带内光强日变化。从图 2 看出,各点光强日变化均呈单峰曲线,除第 1 点外,各点峰值均出现在 13:00,峰值之间差异不明显;第 1 点峰值出现在 14:00,比其他各点偏低。7:00 起随着太阳高度角的增大,各点光强开始出现差异,第 1 点光强随时间变化与对照点差值越来越大,

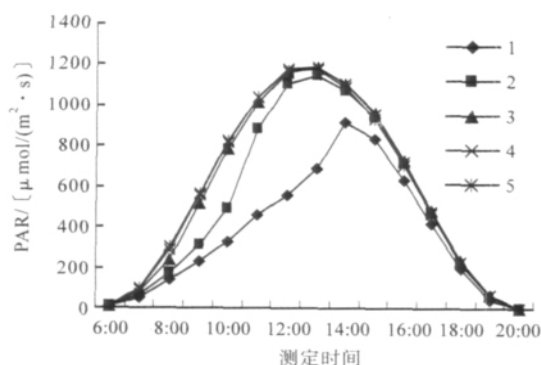


图 2 小麦全生育期林带内各点光强日变化

直至 14:00 与其余各点差异变小;第 2 点在 10:00 与对照差异达到最大,后差异变小,至 13:00 与对照点重合;其中第 3、4、5 点在 1 d 的变化中差异不明显,几乎重合。

从表 2 可以看出,第 1 点在 14:00 之前一直处于很低的水平,在 10:00 只达到 24.8%;14:00 后比例稳定保持在 70%以上,但最大值只达到 77.9%。第 2 点在 12:00 之前处于较低水平,12:00 达到 88.0%后一直保持在 94%以上,与第 5 点差异很小。第 3 点仅在 8:00 为 81.2%,其余各时段均保持在 92%以上,说明第 3 点仅在 8:00 受到树冠遮荫影响,其余各时段受影响很小。第 4 点保持在 95%以上,与第 5 点光强几乎没有差异。表 2 显示,白天在光照的情况下,第 1 点到第 4 点光强分别占第 5 点 49.9%、78.5%、94.5%和 97.9%。试验点位于林带的西侧,遮荫主要出现在上午。

表 2 小麦全生育期各点光强日与对照比值

测定时间	试验点				
	1	2	3	4	5
6:00	0.422	0.722	0.927	0.977	1.000
8:00	0.299	0.529	0.812	0.954	1.000
10:00	0.248	0.519	0.923	0.970	1.000
12:00	0.307	0.880	0.967	0.982	1.000
14:00	0.700	0.942	0.988	0.989	1.000
16:00	0.779	0.961	1.001	0.994	1.000
18:00	0.740	0.940	0.996	0.990	1.000
平均	0.499	0.785	0.945	0.979	1.000

### 2.4 小麦不同生育期林带内光强日变化

图 3 显示各点光强日变化趋势与全生育期平均光强变化趋势基本一致,均呈单峰曲线,峰值最高基本出现在 13:00,第 1 点在 14:00 达到最大值。

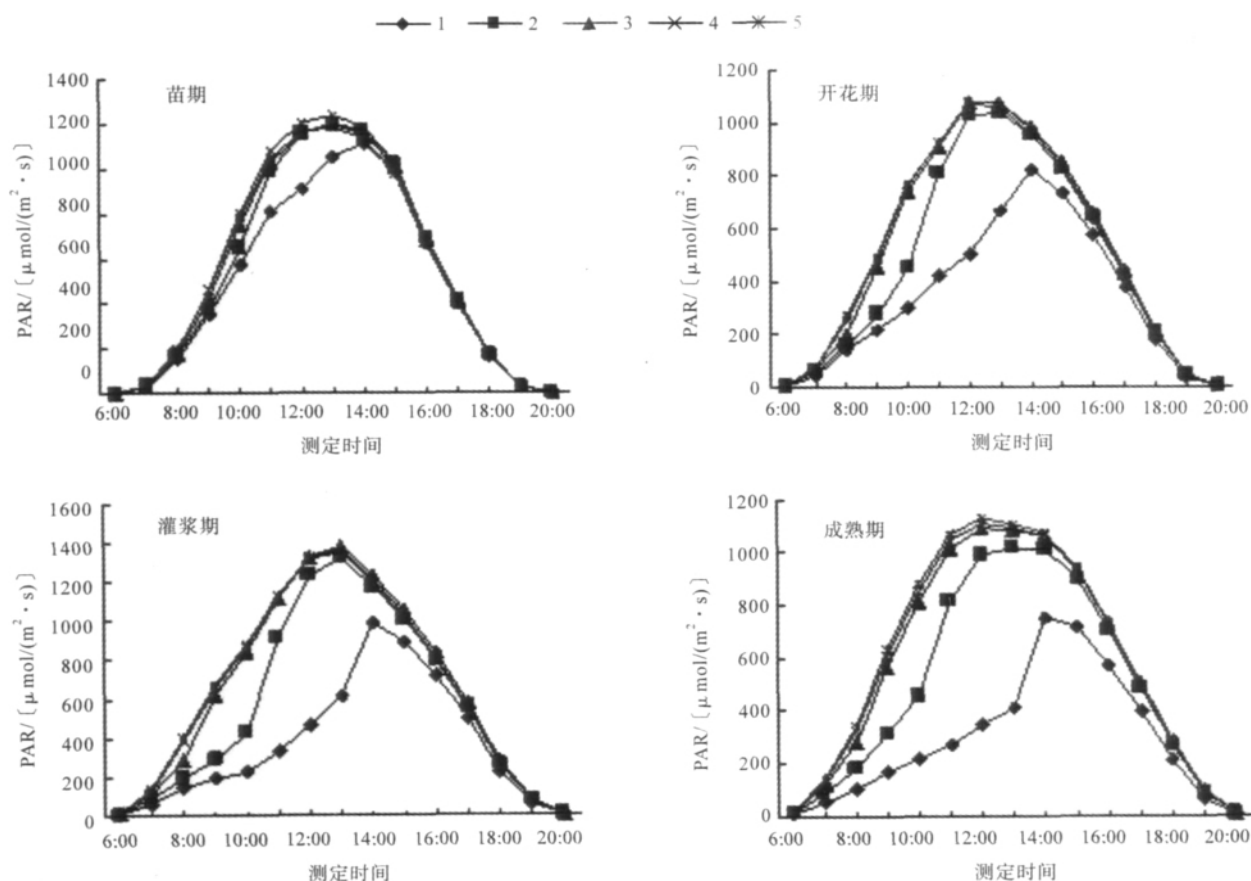


图3 小麦不同生育期林带内光强日变化

随着小麦生长期的变化,林冠下第1点和第2点与对照点的差异越来越明显。苗期,9:00之前各点变化差异不大,第1点10:00以后开始低于其他各点,至14:00达最大值,且与其余各点重合;第2点在苗期与对照差异不明显,仅在上午10:00略低。开花期与灌浆期趋势相似,第1点在14:00之前明显低于各点,14:00后与各点接近;第2点在8:00—11:00与其余各点呈现差异,其余时间段差异不明显;灌浆期各点差异比开花期更明显。成熟期各点趋势差异达到最大,第1点在14:00前明显低于各点,从13:00到14:00光强迅速升高,14:00后与各点差异仍较明显;第2点在16:00之前与各点差异明显。在所有生长期第3点和第4点光强日变化与对照差异很小。

#### 2.5 小麦产量因子变化及其与光强的关系

从图4可以看出,小麦产量随试验点离林带距离的增加而增加,至对照点有所降低。第1点产量最低(583.45 g/m<sup>2</sup>),到第4点时产量达到最大值(966.43 g/m<sup>2</sup>),随后产量略有降低,对照点产量为841.82 g/m<sup>2</sup>。

从图4可以看出,小麦前2点处于减产区域,第1点和第2点分别比对照低30.69%和10.98%;第

3点产量比对照高7%;第4点产量最高,比对照高出14.80%。可以看出,农田林网对距林带较近的农作物具有胁迫危害,当农作物离林带一定距离(2.6H)时,由于林带的防护效益而表现出增产。

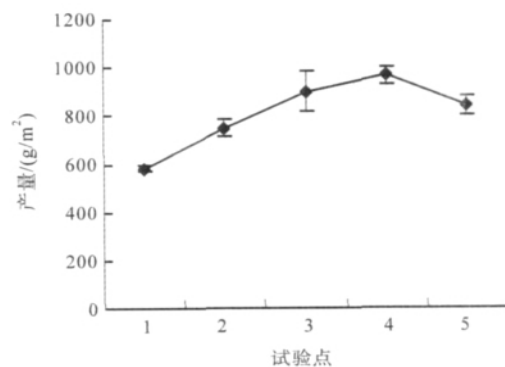


图4 各点小麦产量变化

从图5可以看出,小麦各点千粒重差异不明显,最小值出现在第2点(50.51 g),最大值出现在对照点(55.04 g)。各点小麦粒数出现明显变化,变化趋势与产量变化趋势一致,从第1点最小值( $11.23 \times 10^2$  粒/m<sup>2</sup>)到第4点最大值( $181.06 \times 10^2$  粒/m<sup>2</sup>)依次增加,随后至对照( $153.05 \times 10^2$  粒/m<sup>2</sup>)降低。

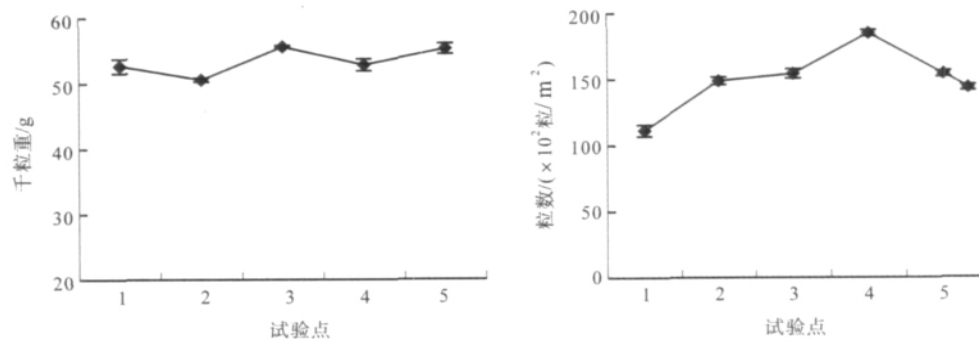


图 5 各点小麦产量因子变化

通过分析可以看出,小麦各试验点产量与小麦生育期内该试验点光强呈正相关( $r=0.9426^*$ ),小

麦粒数与光强也呈正相关( $r=0.8850^*$ )(图 6)。小麦千粒重与光强关系不明显( $r=0.4223$ )。

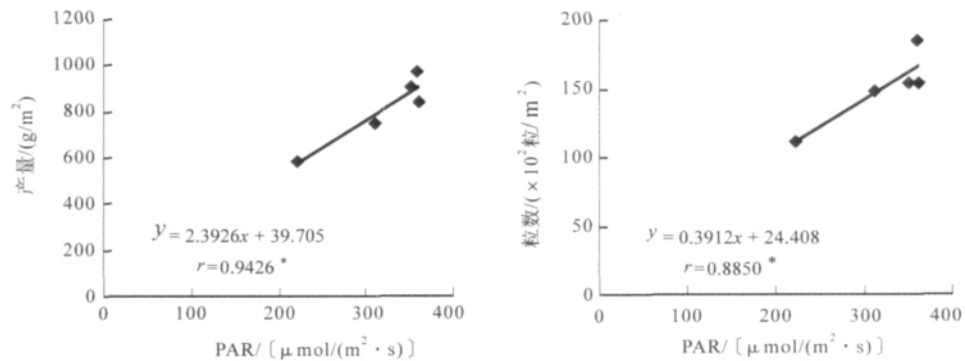


图 6 小麦产量及产量因子与光强的关系

#### 4 结论及讨论

1) 农田林网内林带对光强的影响在 1 倍树高之外不再明显,1 倍树高处平均光强占对照的 98.8%;林网对不同生育期小麦的遮荫影响依次是成熟期>灌浆期>开花期>苗期;杨树林带对小麦的遮荫影响与杨树物候期和小麦生育期关系密切。

2) 小麦生长期各点光强日变化规律明显,均呈单峰曲线,除第 1 点峰值出现在 14:00 外,其余各点峰值均出现在 13:00。林下第 1 点和第 2 点光强与对照出现较大差异,从第 3 点起日变化与对照差异不大。成熟期光强日变化差异最明显,苗期差异最小。试验点位于林带的西侧,遮荫主要出现在上午。

3) 小麦产量随试验点离林带距离增加而增加,第 4 点产量达到最高,至对照点有所降低;小麦前 2 点处于减产区域,第 1 点和第 2 点分别比对照低 30.69% 和 10.98%;第 4 点产量比对照高出 14.80%。可以看出,农田林网对距林带较近的农作物具有胁地危害,当农作物离林带一定距离(2.6H)

时,显现林带的防护效益,表现增产。

4) 小麦产量因子中,小麦粒数与产量变化趋势一致,均随距林带距离增加而增高,第 4 点达到最大值。可以看出,小麦产量变化主要受小麦粒数的影响,小麦开花期正值杨树林带展叶导致胁地作用加重,影响了近林带作物的开花结实。小麦灌浆期近林带作物同样受到胁地影响,可能因其粒数较少,各点千粒重变化不明显。小麦产量和粒数与光强均呈现出一定的正相关,小麦千粒重与光强关系不明显。

5) 林带的存在改变了林网内农田小气候的变化,比如光照、土壤温湿度、空气温湿度等生态因子的变化,作物产量是林网内各生态因子综合作用的结果,本研究只讨论了最关键因子光照的变化,其他因子及综合作用对产量的影响尚待进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 卢琦. 农用林业研究的回顾与展望[J]. 世界林业研究, 1996, 5(2): 39-47.
- [2] 孟平, 张劲松, 樊巍, 等. 农林复合生态系统研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 5-25.
- [3] Nair P K R. State-of-the-art of agroforestry systems

- [J]. *Forest Ecol Manage*, 1991, 45: 5-29.
- [4] Lundegre B O, Raintree J B. Sustained agroforestry [A]//Nestel, B(ed). *Agricultural Research for Development: Potentials and Challenges in Asia*. ISNAR: The Hague, The Netherlands, 1982: 37-49.
- [5] Lehmann L. Nutrient interactions of alley cropped *Sorghum bicolor* and *Acacia saligna* in a runoff irrigation system in Northern Kenya [J]. *Plant and Soil*, 1999, 210: 249-262.
- [6] 张斌, 张桃林. 低丘红壤区农林间作系统的水分生态特征及生产力[J]. *生态学杂志*, 1997, 16(4): 1-5.
- [7] 裴保华, 贾渝彬, 王文全, 等. 杨农间作田的光强和土壤水分状况及其对农作物的影响[J]. *河北农业大学学报*, 1998, 21(2): 28-33.
- [8] Nelson R A, Grist P G, Menz K M. A cost-benefit analysis of hedgerow intercropping in the Philippine upland using the SCUAF model [J]. *Agroforestry Systems*, 1997, 35(2): 203-220.
- [9] 李芳东. 桐麦复合生态系统太阳辐射分布及其对小麦生长与产量的影响[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 1998.
- [10] 夏礼如, 葛道阔, 常志州, 等. 苏北农田林网对农作物的影响及其发展策略[J]. *江苏农业科学*, 2011, 39(4): 480-482.
- [11] 彭晓邦, 蔡靖, 姜在民, 等. 光能竞争对农林复合生态系统生产力的影响[J]. *生态学报*, 2009, 29(1): 545-552.
- [12] 李芳东, 王保平, 傅大立. 桐麦间作系统内光量分布及其对小麦产量的影响[J]. *北京林业大学学报*, 1998, 20(3): 101-107.
- ~~~~~
- (上接第 19 页)
- [7] Gwyneth C, Ingram, Sandra D, *et al*. Dual role for fibriata in regulating floral homeotic genes and cell division in *Antirrhinum* [J]. *The EMBO Journal*, 1997, 16: 6521-6534.
- [8] Tetsuyuki E, Megumi I, Hiroshi S, *et al*. Comparative analysis of the self-incompatibility (S-) locus region of *Prunus mume*: identification of a pollen-expressed F-box gene with allelic diversity [J]. *Genes to Cells*, 2003, 8(3): 203-213.
- [9] Qiao H, Wang H Y, Zhao L, *et al*. The F-box protein AhSLF-S2 physically interacts with S-RNases that may be inhibited by the ubiquitin/26S proteasome pathway of protein degradation during compatible pollination in *antirrhinum* [J]. *Plant Cell*, 2004, 16: 582-595.
- [10] 王俊生. 小麦生理型雄性不育花药活性氧代谢和基因表达分析[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010: 70-71.
- [11] 李蕊, 孟宪萍, 胡英考, 等. 大豆吡哆醇生物合成蛋白基因(PDX)的电子克隆和进化分析[J]. *华北农学报*, 2007, 22(1): 64-68.
- [12] 王璐, 冯彩平. 玉米中一种新的蛋白激酶电子克隆与序列分析[J]. *生物技术*, 2007, 17(5): 14-17.
- [13] 张会敏, 姜民国, 冯友军. 稻瘟菌 I 型烯醇化酶基因全长 cDNA 的电子克隆[J]. *生物信息学*, 2006, 4(2): 58-61.
- [14] 朱春利, 张桂荣, 邵淑慧, 等. 玉米隐花色素基因的电子克隆及生物信息学分析[J]. *玉米科学*, 2010, 18(2): 30-36.
- [15] 杨松杰, 张晶, 张晓科. 基于 PCR 标记的陕西省部分地方小麦品种(系)糯蛋白基因的多样性分析[J]. *华北农学报*, 2011, 26(6): 67-72.
- [16] 张楠, 王海燕, 刘大群. 小麦 STK 类抗病基因同源序列的克隆与分析[J]. *华北农学报*, 2010, 25(5): 20-24.
- [17] 王创云, 王美霞, 卢成达, 等. 小麦拔节过程中差异表达基因 *WSR1* 的克隆及序列分析[J]. *山西农业科学*, 2009, 37(3): 22-24.