

模拟林木遮荫对小麦生长和产量的影响

袁玉欣 王 颖 裴保华

(河北农业大学林学院, 保定 071000)

摘 要 模拟林木遮荫试验结果表明, 遮荫程度每提高 25%, 小麦进入某个生长发育期就推迟 2 d 左右; 遮荫程度每提高 10%, 土壤水分(0~40 cm)蒸发就减少 0.58 个百分点; 并且遮荫程度与小麦叶绿素含量、光合速度和蒸腾速率呈正比关系, 与光能利用率和蒸腾耗水指数呈反比关系。试验结果还说明, 适当遮荫对小麦的叶面积和地上部分生物量积累有促进作用, 遮荫程度 25% 时的小麦产量仅比全光下的低 1.25%, 而生物量却提高 7.9%。综合试验结果说明, 如果不考虑林木与农作物根系竞争, 在农林间作系统中, 林木的遮荫程度如果不高于 20%, 就不会对农作物的生长和产量造成比较严重的影响, 可以把它作为农林间作林木上限遮荫的一个阈值。

关键词 农林间作 遮荫 小麦 生长发育 产量 模拟

中图分类号 S512.101 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7091(1999)增刊-0054-06

目前, 我国平原地区农田林网和农林间作是平原林业的主要形式, 它起到了防御自然灾害、保障农业生产的作用, 同时也是平原林业可持续发展的动力^[1]。合理的农林间作提高了农作物产量, 也使农田小气候发生了有益的变化^[2,4]。但是, 农林间作中除地下根系间的竞争造成农作物减产外^[8], 林木遮荫也是造成农林矛盾的重要原因^[5]。为正确了解遮荫对农作物的作用, 国外研究了模拟条件下, 遮荫对农作物的生长发育的影响和合理的田间遮荫率等问题^[3,9,10]。国内在遮荫对农作物产量和间作地的生态条件变化方面进行了大量的研究^[4~7], 但在人工控制条件下, 遮荫对农作物生长发育、生理生态、产量和生物量方面的研究较少。为此, 设计了人工模拟林木遮荫, 旨在揭示在排除地下根系竞争的情况下遮荫对农作物的影响。

1 研究方法

作物物候研究方法: 在四个光照强度处理(下同)(用遮荫网遮荫, 遮光率分别是 0、25%、50% 和 75%; 遮荫棚的高度为 2 m, 每个处理的面积 50 m² 左右)中, 对小麦的物候期进行定期观测。每一处理选择 10 株作物作标准株, 每 2 d 对其生长发育期观测一次。

土壤水分变化测定方法: 从小麦返青期开始, 用取土钻每 20 cm 一层取出 0~100 cm 土层内的土壤样品, 在烘箱中用 105℃ 的温度烘干, 用来计算土壤中水分含量。

叶面积测定方法: 在小麦的不同生长时期(返青期、起身期、拔节期、扬花期等), 用纸重法测定叶片叶面积和烘干重, 并计算小麦叶面积指数。

生物量积累规律研究方法: 从小麦返青开始, 每间隔 10 d, 选取 10 株小麦, 取地上部分烘干称重, 计算各处理的生物量。

叶绿素含量变化测定方法:从小麦返青开始,每间隔 10 d,用剪刀剪取小麦上部第一、二片叶子,剪碎后充分混合,称取一定量的鲜叶,用阿农法测定叶绿素 a、b 和总含量。

光合速率和蒸腾变化测定方法:选择小麦扬花期,用 CID 便携式光合测定系统,对小麦的光合速率和蒸腾速率进行光合日进程测定。从早上 6:00 开始,每间隔 1 或 2 h 测定一次。

产量测定方法:在小麦成熟时,隔行设置样方,样方面积为 0.33m^2 。参照文献[2]进行样品处理。

2 结果与分析

2.1 遮荫条件下的作物物候变化

遮荫试验从 1997 年 3 月下旬开始,观测的结果见表 1。从表 1 可以看出,不同遮荫程度

表 1 遮荫程度与小麦生长发育期的关系

遮荫程度 (%)	小麦进入某生长发育期的时间(月-日)								
	拔节期	孕穗期	抽穗期	扬花期	灌浆期	蜡黄期	乳黄期	蜡熟期	完熟期
0	03-25	04-07	04-19	04-27	05-05	05-17	05-31	06-08	06-14
25	03-25	04-07	04-21	04-29	05-05	05-17	06-03	06-08	06-14
50	03-25	04-07	04-23	05-01	05-07	05-19	06-03	06-10	06-15
75	03-25	04-13	04-27	05-03	05-11	05-21	06-08	06-11	06-16

对小麦的生长发育进程的影响是比较大的:遮荫程度每提高 25%,其进入某生长发育时期的时间就推迟 2 d 左右,越到后期,遮荫的作用有愈加明显的趋势,如遮荫程度为 0 比 75% 进入孕穗期时间提前 5 d,进入乳黄期的时间提前 8 d,而进入完熟期的时间再提前 4 d 以上;不同遮荫程度对处理植株全部进入某时期的影响更大,如遮荫程度为 0 的所有植株均进入孕穗期的时间比 75% 的提前 8 d,灌浆期的时间也提前 8 d。这个结果反映在农林间作上,说明田间林木的密度较大,造成对农作物的过重遮荫,就会影响农作物的正常生长发育;但也说明,遮荫程度 25% 时,对小麦的影响不大。

2.2 遮荫对土壤水分的影响

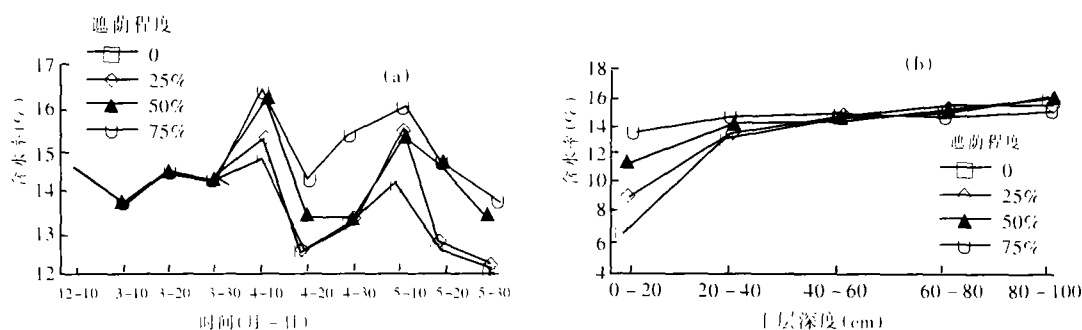


图 1 不同遮荫程度对土壤含水率的影响

从图 1a 中可以看出,不同的遮荫处理土壤水分的变化比较明显,且遮荫程度越大,土壤水

分含量越高,说明遮荫可以有效地降低土壤蒸发量;从图 1b 小麦生长季不同土壤深度的水分变化情况可以看出,遮荫对土壤水分的影响主要发生在 0~40 cm 的范围内,而在 60 cm 以下的土壤含水率基本与遮荫程度无关。为了解遮荫程度和不同层次含水率及平均含水率的关系,用含水率(Y)和遮荫程度(X)作回归,得:

$$0\sim 100\text{ cm} \quad Y = 2.667 X + 13.230 \quad r = 0.9906 \quad (1)$$

$$0\sim 40\text{ cm} \quad Y = 5.852 X + 9.870 \quad r = 0.9993 \quad (2)$$

$$0\sim 20\text{ cm} \quad Y = 9.216 X + 6.584 \quad r = 0.9982 \quad (3)$$

$$20\sim 40\text{ cm} \quad Y = 2.488 X + 13.157 \quad r = 0.9979 \quad (4)$$

$$40\sim 60\text{ cm} \quad Y = 0.508 X + 14.792 \quad r = 0.8230 \quad (5)$$

以上经验方程说明,遮荫与 0~60 cm 范围的土壤含水率的相关性很大,而 60~100 cm 的土壤含水率的变化很小,说明遮荫对 60 cm 以下的土壤水分影响不大。同时,式(1)说明,遮荫程度每提高 10 个百分点,水分含量就提高 0.27 个百分点,提高最多的是 0~20 cm 范围的水分含量,提高 0.92 个百分点,说明遮荫对水分的提高作用主要在农作物的根系吸收层,这对农作物是有利的。如果农林间作选择深根性的树种,树木消耗较深层次的水分,而其遮荫作用可以提高耕作层的水分含量,这样的组合是最有利的。

2.3 遮荫对小麦叶面积指数影响

不同遮荫程度对小麦生长发育期叶面积指数的影响的试验结果(见图 2)。说明,遮荫对小麦的叶面积指数的影响是比较大的,其中遮荫 25% 对小麦叶面积有比较强的促进作用,影

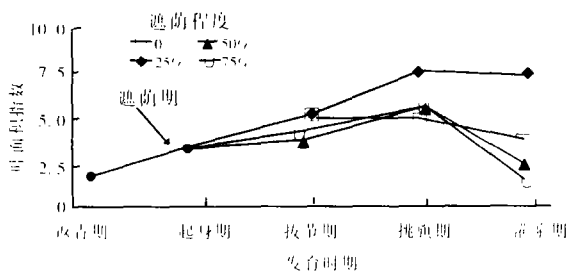


图 2 不同遮荫处理对叶面积指数的影响

响最明显的是在挑旗期和灌浆期,这两个时期分别比全光下提高 68.5% 和 111.5%。另外图中显示遮荫 50% 和 75% 在拔节期和挑旗期与全光下叶面积指数相差不大,但在小麦产量形成的关键时期急剧下降,造成产量降低,说明挑旗期到灌浆期是小麦需光的重要时期,这时如果保证小麦有充足的光照,就可保证其产量。在农林间作实际应用中,如果林木在田间的分布密度比较大,就可以在小麦返青期到拔节期维持林木对小麦进行一定程度的遮荫,以改善其生长条件和促进其生长,在挑旗期前对林木进行修枝改进光照条件,就可以大幅度提高小麦产量。

2.4 遮荫对小麦生物量积累的影响

图 3 是不同遮荫强度下小麦生物量积累过程。从图中可以看出,在遮荫强度为 25% 时,对小麦生物量的积累是有利的,在试验结束时其生物量积累量分别比全光条件下、遮荫 50% 和 75% 的提高 9.8%、78.3% 和 168.5%。所以,从生物量的角度可以认为,在没有或较小地下竞争的情况下,林木与小麦间作后的适当遮荫对小麦是有利的。

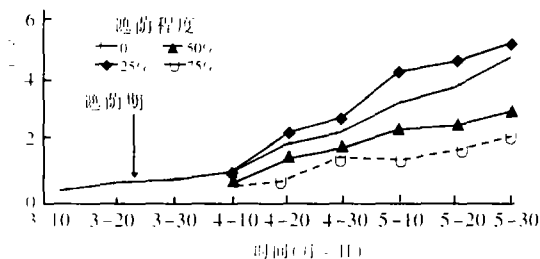


图 3 人工模拟遮荫对生物量积累的影响

2.5 遮荫对小麦的叶绿素含量的变化影响

图4是不同遮荫条件下的叶绿素含量变化情况。从图中可以看出,植物在遮荫后,为适应较弱光照条件,提高光能利用率,会发生生理上的变化,如叶绿素含量的提高就是其适应的结果。图4a清楚地表明了遮荫条件下小麦的叶绿素含量随遮荫强度的增大而提高,全光下叶绿素含量分别比其它遮荫的低8.9%、14.1%和15.4%;图4b是从遮荫开始后四种处理的叶绿素含量

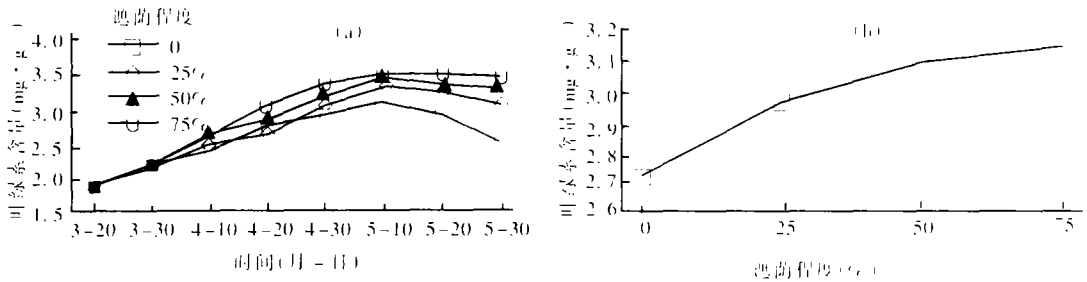


图4 人工模拟林木遮荫条件下叶素含量变化情况

绿素平均含量。叶绿素含量和遮荫程度呈现明显的正比关系,遮荫强度(X)和叶绿素含量(Y)之间的数学关系是:

$$Y = 0.5564 X + 2.7610 \quad r = 0.9650 \quad (5)$$

就是说每提高10%的遮荫强度,小麦在生长季平均叶绿素含量提高的绝对值是0.056 mg/g,相对提高2.0%以上,说明影响程度是比较明显的。

2.6 人工模拟林木遮荫对小麦光合和蒸腾的影响

表2 林木不同遮荫程度对小麦光合和蒸腾日进程的影响(1997-05-17) $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

时间	全光			遮荫 25%			遮荫 50%			遮荫 75%		
	辐射	光合	蒸腾	辐射	光合	蒸腾	辐射	光合	蒸腾	辐射	光合	蒸腾
6:00	96.7	7.32	1.42	84.5	6.40	1.92	50.4	5.51	2.09	31.1	5.90	1.58
8:00	347.9	34.52	8.05	173.8	31.91	6.39	113.5	21.96	4.64	90.3	13.21	2.73
10:00	2385.1	41.55	14.43	1106.1	40.31	12.82	1216.9	35.31	9.11	512.1	23.66	6.34
12:00	2338.0	34.38	13.09	1414.3	35.64	13.33	1245.7	30.33	9.95	563.4	20.05	7.25
13:00	2338.0	36.53	15.32	1294.0	30.24	13.33	599.3	26.13	11.16	553.0	24.63	11.09
14:00	2254.6	32.12	12.14	1649.7	28.60	10.21	1005.8	19.65	6.98	488.0	16.70	6.90
16:00	2281.9	30.02	9.83	656.3	17.77	7.22	586.2	17.47	6.71	270.9	7.77	3.53
18:00	1237.2	4.88	3.31	73.5	1.97	3.11	43.3	-0.94	2.40	25.0	-1.54	1.89

表2说明不同遮荫程度对小麦的光合和蒸腾日进程的影响比较明显,但遮荫25%与全光下相差不大。为说明遮荫程度与光合速率、蒸腾速率、光能利用率和蒸腾耗水率的关系,用遮荫程度(X)和平均光合速率(Y)、平均光能利用率(Y)、平均蒸腾速率(Y)和蒸腾耗水指数(Y)作直线回归:

光合速率与遮荫(%) $Y = 28.2041 - 0.1859 X \quad r = -0.9948 \quad (6)$

光能利用率(%)与遮荫(%) $Y = 0.0293 X + 2.0420 \quad r = 0.9715 \quad (7)$

蒸腾速率与遮荫(%) $Y = 9.8359 - 0.0621 X \quad r = -0.9960 \quad (8)$

蒸腾耗水量指数(%)与遮荫(%) $Y = 0.0114 X + 0.6950 \quad r = 0.9489 \quad (9)$

其中,光能利用率(%)=光合速率/辐射强度;蒸腾耗水指数(%)=蒸腾速率/辐射强度。

式(6)、(7)、(8)、(9)说明,遮荫程度每提高 10%,光合速率下降 $1.9 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,平均光能利用率提高 0.29%,蒸腾速率降低 $0.62 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,耗水量指数提高 0.11%。

2.7 人工遮荫条件下的小麦产量和生物量

图 5、图 6 是全光和各种遮荫程度下小麦的生长指标变化情况。从图 5 千粒重的变化情况可以看出,小麦的千粒重与透光率也存在较明显的正相关。其千粒重(Y)与透光率(X)的线性方程为:

$$Y_{\text{千粒重}} = 0.0898 X + 31.42 \quad \text{相关系数 } r = 0.8762 \quad (10)$$

从图 6 产量和生物量在各种透光率下的变化情况可以看出,在透光率为 75%~100% 的范围内,小麦产量和生物量的变化不大,全光下的产量比透光率 75% 提高 1.25%,而生物量则

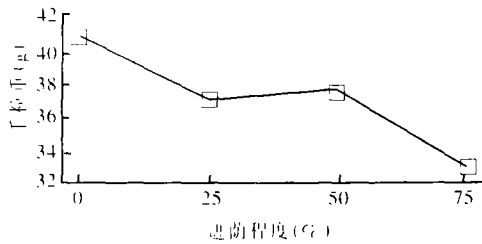


图 5 各处理千粒重

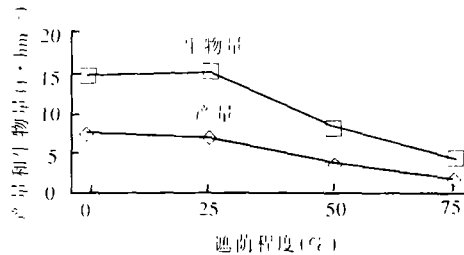


图 6 各处理生物量干量和产量

降低 7.19%。这说明小麦在遮荫 20% 的情况下,不会对其产量产生影响。从试验过程看,遮荫 25% 的处理小麦的分蘖比较多,即单位面积小麦穗数较多;另外,小麦是 C_3 植物,在其生长期,田间光照强度远大于其光饱和点。所以,有报道说适当的遮荫其光合作用不仅不会下降,反而有一定的提高^[4],从本试验的生物量上也看出了这个趋势。小麦生物量(Y)和产量(Y)与透光率(X)的线性方程分别为:

$$Y_{\text{生物量}} = 147.5567 X + 1355.5 \quad \text{相关系数 } r = 0.8419 \quad (11)$$

$$Y_{\text{产量}} = 80.5087 X - 149.8333 \quad \text{相关系数 } r = 0.8985 \quad (12)$$

3 结论与讨论

遮荫对小麦生长发育影响比较明显,遮荫程度每提高 25%,小麦进入某个生长发育阶段就推迟 2 d 左右。遮荫可以减少小麦根系层(0~40 cm)土壤水分蒸发,并且遮荫程度每提高 10%,相应水分蒸发减少 0.58 个百分点。

适当遮荫对小麦的叶面积指数的提高有明显促进作用,对地上部分生物量积累有利,但遮荫过度会使小麦积累受阻。适当遮荫对小麦生物量和产量有促进作用,遮荫 25% 可以提高小麦生物量 7.9%,而产量仅降低 1.25%;但是,如果遮荫过重,小麦的生物量和产量均有大幅度的降低。

在小麦生长期,其平均叶绿素含量与遮荫程度呈正比,全光下的叶绿素含量分别比相应遮荫的降低 8.9%、14.1% 和 15.4%。从小麦光合和蒸腾速率的日进程看,遮荫程度与它们呈正比关系,而与光能利用率和蒸腾耗水指数呈反比关系。

参 考 文 献

- 1 袁玉欣. 生存与发展的结合——混农林业的崛起. 生态农业研究, 1994, 2(2): 20~24
- 2 袁玉欣等. 杨粮间作对农作物产量的影响. 河北农业大学学报, 1996, 19(2): 34~40
- 3 袁玉欣等. 国外农林间作研究进展. 世界林业研究, 1998, 11(5): 26~31
- 4 王广钦等. 农桐间作与作物产量. 河南农业大学学报, 1983, (1): 29~37
- 5 吴力立等. 农林间作系统树冠遮荫面积的探讨. 见: 熊文愈主编. 中国农林复合经营研究与实践. 南京: 江苏科技出版社, 1994. 40~46
- 6 李汉杰等. 混农林业系统内部的光能分布. 生态学杂志, 1991, 10(1): 27~32
- 7 李树人等. 树冠遮光数学模型的研究. 河南农业大学学报, 1994, 28(4): 361~366
- 8 Singh R P, *et al*. Above and below ground interaction in ally cropping in semi-arid India. Agroforestry Systems, 1989, 9: 259~274
- 9 Satterlund D R. Forestry shadows: how much shelter in a shelter wood? Forest Ecol. and Management, 1983, 5: 27~37
- 10 Qusada F, *et al*. Simulation of tree shadow in agroforestry systems. In: Reifsnnyder W S, *et al*. eds. Meteorology and Agroforestry, Nairobi, ICRAF, 1989. 157~161

Effect of Simulating Tree Shading on Wheat Development and Output

Yuan Yuxin Wang Ying Pei Baohua

(Agricultural University of Hebei, Baoding 071000)

Abstract Simulating tree shading experiment show that wheat enter a developing stage will postpone 2 days along with the shading degree adding to 25%, and soil water (0~40 cm) evaporation will reduce 0.58 per cent point when shading add to 10% as well. And it also demonstrate that suitable shading degree have direct proportion with wheat chlorophyll content, photosynthetic rate and transpiration rate and as well as has inverse ratio with light utilized rate and water consumption rate. The suitable shading degree can stimulate wheat leaf area growth and biomass accumulation, and the treatment of shading degree 25%, for example, is only lower 1.25% in wheat output but is higher 7.9% in biomass compared with sunshine treatment. To sum up, suitable tree shading degree, less than 20%, in tree-crop intercropping system will not led to decrease wheat output seriously if tree root effect is ignored, and the shading value can be the largest shading degree value in tree-crop intercropping system.

Key words: Tree-crop intercropping; Shading; Wheat development; Yield; Simulation