

杨粮间作行距对小麦生长及产量的影响*

袁玉欣 王 颖 李际泉

(河北农业大学林学院 保定 071000)

冯长红

张世联

(河北省林业工程项目管理中心 石家庄 050051) (保定市林业科学研究所 保定 071000)

摘 要 对杨粮间作条件下小麦生长结果研究表明,杨树间作行距与土壤水分呈反比关系,即3~15m的行距范围内林木行距每扩大1m,土壤季平均含水量则降低1.0%,证明间作可有效减少土壤水分损失;同时林木行距与小麦叶绿素含量呈反比,说明一定程度的林木遮荫可提高小麦叶绿素含量。试验表明,小麦光合作用速率和蒸腾速率与林木行距呈正比,林木行距每增加1m,小麦的光合速率和蒸腾速率分别提高 $1.3\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 和 $0.2\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,说明林木行距过小,则影响作物的光合作用,进而影响小麦的生物量和产量。通过计算,在该杨树4年林龄条件下小麦取得最大产量的行距为21~22m。

关键词 杨粮间作 林木行距 小麦产量

The effect of poplar-crop intercropping space on wheat growth and yield. YUAN Yu-Xin, WANG Ying, LI Ji-Quan (Forestry College, Agricultural University of Hebei, Baoding 071000), FENG Chang-Hong (Forestry Engineering Project Management Center of Hebei, Shijiazhuang 050051), ZHANG Shi-Lian (Baoding Forestry Institute, Baoding 071000), *CJEA*, 2001, 9(2):88~91

Abstract The soil water content under intercropping land has inverse ratio to poplar space between rows (SBRs), i. e. it decrease 1.0% by adding 1m SBRs within 3~15m space bound, which shows that the intercropping could reduce water loss from soil to atmosphere. The wheat leaf chlorophyll content has the same relation with the SBRs, which indicates poplar shading on wheat can increase leaf chlorophyll content. The study, on the other hand, demonstrates that wheat photosynthesis rate and transpiration rate have direct ratio to SBRs, and they increase $1.3\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ and $0.2\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ by widening 1m space, respectively. The over small SBRs will lead photosynthesis rate to decrease, and to affect the wheat biomass and yield. The SBRs, in which the wheat could get the highest yield by equation forecast under 4 years old poplar stand, is 21~22m.

Key words Poplar-crop intercropping, Intercropping space between rows, Wheat yield

我国平原林业的主要形式是农田林网和农林间作,林木改善农田小气候、防止干热风危害的作用非常明显。但林木胁地(包括光胁地)使作物减产,也阻碍平原林业健康发展。实际上协调这方面矛盾的关键是林木行距,它的大小直接影响林木防护作用和对作物的遮荫作用,进而影响农作物生长和产量。本研究探讨了杨树与小麦间作条件下,杨树间作行距对农作物生长和产量的影响。

1 试验材料与方法

试验地设在河北省保定市,供试树种为毛白杨(*Populus tomentosa* Carr.),林木行向为南北方向,株距为0.7m,行距分别为3m、6m、9m、12m和15m,林龄4年,平均树高6.3m,平均树胸径5.6cm。土壤水分变化测定从小麦返青期开始,定期(每10d)在东林冠下、西林冠下和行距中间3个位置用取土钻每20cm1层取出0~100cm土层土壤,置于烘箱105℃下烘干并计算土壤水分含量;从小麦返青期开始,定期(每10d)在东林冠下、西林冠下和行距中间3个位置选取10株小麦烘干测定其干物质量;用剪刀剪取小麦上部第1、2片叶剪碎后充分混合,称取一定量的鲜叶,用阿农法测定叶绿素a、b和总含量,每处理重复3次;用CID便携式光合测定系统测定小麦的光合速率和蒸腾速率,每处理重复3次;小麦成熟时对林木行间小麦隔行取样,样方面积为 $0.33\text{m} \times 1.0\text{m}$,样本晒干后进行室内考种,测定小麦地上部分生物量、作物产量、千粒重等指标。

* 河北省自然科学基金项目(393033)和河北省林业厅重点资助项目(9516102)部分研究内容

收稿日期:1999-08-04 改回日期:2000-04-06

2 结果与分析

2.1 不同林木行距对土壤水分的影响

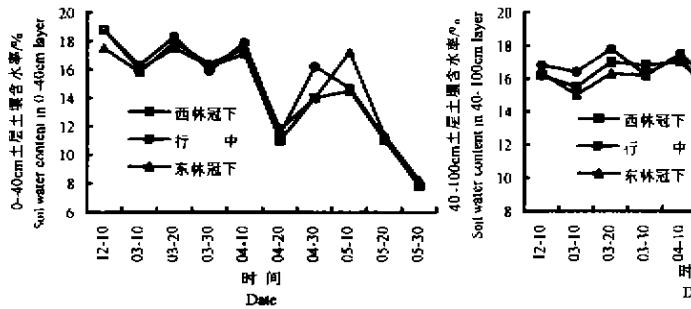


图1 15m 林木行距条件下土壤水分变化情况

Fig. 1 Soil water change in 15m tree space between rows

在林木和农作物根系的交接界面范围内若林木水分消耗量小于农作物, 则该界面土壤水分含量高于其他地方, 有人曾证明确有这种现象发生^[1-2]; 但许多情况下是林木与农作物在水分吸收方面发生竞争, 这正是农林间作弱点之一。与农作物相比无论林木的水分消耗多或少, 间作行距对土壤水分可产生较大的影响。

对 3m、9m、15m 3 个代表性的林木行距下土壤水分变化进行对比研究发现, 把 0~100cm 土层分为 2 层, 0~40cm 土层土壤水分对农作物影响最大, 40~100cm 土层土壤水分则相对对林木作用较大。试验表明, 行中土壤含水率在 0~40cm 和 40~100cm 2 个土层均最高, 如 9m 行距 0~40cm 土层的行中季平均含水率比西林冠下、东林冠下的分别提高 2.45% 和 1.20%, 其他各行距也有不同程度的提高, 说明林木与小麦在土壤水分方面有轻度的竞争作用; 同时 40~100cm 土层土壤含水率在不同位置的变化较 0~40cm 土层变化小 (见图 1), 说明毛白杨幼林对耕作层以下的土壤水分消耗较小, 从侧面表明毛白杨幼林的根系分布不深, 这个特点

表 1 不同林木行距条件下土壤平均含水率

Tab. 1 Soil water content in different tree spaces between rows

位置 Palace	0~100cm 土层土壤含水率/% 行距/m Tree spacing between-rows				
	3	6	9	12	15
西林冠下 Under the west-side of tree crown	16.06	14.89	15.10	14.90	14.74
行中 In the middle of tree rows	16.66	15.81	15.86	16.22	14.79
东林冠下 Under the east-side of tree crown	16.45	15.97	15.66	15.84	14.81
平均 Average	16.39	15.56	15.54	15.65	14.78

对间作不利; 林木行距越小, 土壤季平均含水量有增加趋势, 这是由于行距越小, 林木遮荫增强, 土壤物理蒸发减少, 作物蒸腾有一定的降低, 其次风速减小, 水汽交换变小等原因使土壤含水量提高; 在整个小麦生长季几乎所有处理中东林冠下的土壤含水量明显高于西林冠下, 这说明当上午阳光直射到东林冠下土壤时, 由于空气湿度大, 土壤表层水分物理蒸发相对较小, 而下午阳光直射到西林冠下土壤时空气相对湿度已小, 从土壤到近地空气湿度梯度增大, 造成土壤物理蒸发量增加, 使西林冠下土壤含水量比东林冠下的更低, 这表明林木与农作物最先发生水分竞争的地方在西林冠下。表 1 为不同林木行距条件下土壤平均含水率, 由表 1 可知, 土壤含水量与间作林行距呈反比关系, 用数学方程可表示土壤含水率(Y)和林木行距(x)的这种相关关系:

$$Y = 16.52 - 0.1043x \quad (r = -0.8671) \quad (1)$$

(1) 式表明, 土壤含水率和林木行距的关系较密切, 当林木行距扩大 10m 时 0~100cm 土层范围内西林冠下土壤含水量降低 0.9%, 而东林冠下和行中的则分别降低 1.1%、平均降低 1.0%。从这个意义而言, 严重干旱季节中杨粮间作可在一定程度上减少灌溉次数。

2.2 不同林木行距对小麦叶绿素含量的影响

不同林木行距对农作物平均遮荫程度不同, 小麦对遮荫生理反应之一是叶绿素含量的变化, 这是植物适

表 2 不同林木行距条件下小麦叶绿素含量变化

Tab. 2 Wheat leaf chlorophyll content in different tree spaces between rows

时间(月-日) Date(month-day)	3m 行距 3m tree space between rows			9m 行距 9m tree space between rows			15m 行距 15m tree space between rows		
	西林冠下 Under the west-side of tree crown	行中 In the middle of tree rows	东林冠下 Under the east-side of tree crown	西林冠下 Under the west-side of tree crown	行中 In the middle of tree rows	东林冠下 Under the east-side of tree crown	西林冠下 Under the west-side of tree crown	行中 In the middle of tree rows	东林冠下 Under the east-side of tree crown
03-20	1.92	1.93	1.99	1.93	1.90	2.09	1.99	2.09	1.97
03-30	2.14	1.89	2.05	2.02	1.98	2.11	2.10	2.05	1.93
04-10	2.20	2.18	2.15	2.07	2.08	2.05	2.15	2.14	2.15
04-20	2.93	2.92	2.78	2.67	2.42	2.71	2.62	2.60	2.87
04-30	3.27	3.18	3.10	3.32	3.07	3.31	3.41	2.93	3.18
05-10	3.22	3.36	3.22	3.15	3.05	3.05	3.35	3.02	3.21
05-20	3.24	3.42	3.26	3.23	3.24	3.26	3.13	3.15	3.19
05-30	3.60	3.42	3.35	3.42	3.19	3.27	3.02	3.00	3.07
平均 Average	2.81	2.79	2.74	2.73	2.62	2.70	2.72	2.62	2.72

应遮荫现象的正常反应,不同间作行距小麦叶绿素含量变化的测定结果见表2。由表2可知,不同行距小麦叶绿素含量随小麦生长而逐步提高,且有随林木行距增大其含量下降的趋势,如3m行距的不同位置小麦叶绿素平均含量为2.78mg/g,而9m和15m行距的不同位置小麦叶绿素含量分别为2.70mg/g和2.69mg/g,分别下降了3.0%和3.3%;同时除3m行距处理由于行距过小,林冠下与行中小麦叶绿素含量差异较小外,其他处理均为林冠下比行中小麦叶绿素含量高,提高幅度为3.1%~4.2%。

2.3 不同林木行距对小麦光合作用的影响

不同林木行距对小麦的遮荫程度不同,并最终表现在光合作用变化不同;同时相同行距不同位置的小麦也因遮荫程度和林木根系竞争程度的不同而光合作用发生变化。由图2可知5月8日上午10:00~10:30测

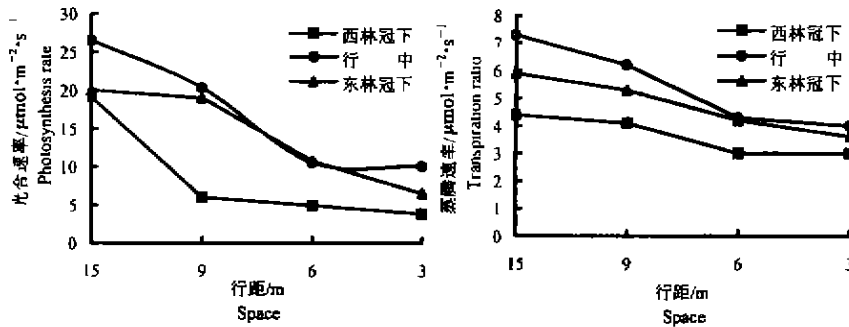


图2 不同林木行距条件下小麦光合速率与蒸腾速率

Fig. 2 Wheat photosynthesis rate and transpiration ratio under different tree spaces between rows

得的不同林木行距条件下不同位置小麦的光合速率和蒸腾速率变化情况,小麦光合作用和蒸腾作用在不同行距条件下差异较大,光合和蒸腾强度与林木行距成正比关系;上午由于西林冠下光照强度小,其光合和蒸腾作用均最小,而行中则最大。平均光合速率(P)和蒸腾速率(I)与林木行距(x)的关系分别为:

$$P = 1.3474x + 2.0237 \quad (r = 0.9943) \quad (2)$$

$$I = 0.2248x + 2.2549 \quad (r = 0.9591) \quad (3)$$

上式表明,林木行距每增加1m其光合速率提高 $1.35\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,蒸腾速率也提高 $0.22\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 。由方程式的斜率可知,林木行距对光合速率的影响比对蒸腾速率的影响程度更大,以上试验林木行距与光合作用和蒸腾作用的关系是在较小行距条件下作出的,是否具有普遍意义尚有待于今后进一步深入探讨。

2.4 不同林木行距对小麦地上部分生物量的影响

不同杨粮间作行距对农作物生物量积累的影响不同,小麦生物量积累随时间变化呈现S形曲线,符合Logistic方程:

$$Y = \frac{k}{1 + ae^{-bx}} \quad (4)$$

式中, Y 为生物量, k 为常数, t 为时间, a 、 b 为待定参数。对上式分别求二阶和三阶导数得到的 t 表示连日生物量生长最快时的时间值,而 t_1 、 t_2 是连日生长量变化最快时的2个点,2个点之间即生物量积累高峰期,计算结果见表3。由计算结果看,行距越

表3 不同林木行距条件下小麦生物量积累方程参数值

Tab. 3 Equations parameters of wheat biomass accumulation under different tree spaces between rows

行距/m Spacing	经验方程参数 Equation parameters				重要时间点(月-日) Important time points (month-day)		
	k	a	b	r	t	t_1	t_2
3	3.12	20.7021	0.0555	0.8173	04-25	04-1	05-18
9	3.63	37.6011	0.0706	0.9798	04-21	04-3	05-10
15	3.30	66.1565	0.0757	0.9812	04-25	04-8	05-13

小,间作小麦生物量积累高峰期则越长,从而造成成熟期拖后,如3m行距小麦积累高峰需要47d,9m需要37d,15m需要35d。这个结果反映出3m行距由于光照强度不足造成积累时间拖后、拖长,即小麦生物量积累的速度下降,势必会影响小麦产量;15m行距积累时间用的最少,在同样收割时间条件下小麦籽粒的成熟度最高,产量也最高,故生物量积累的速度是决定小麦产量的基础。

2.5 不同林木行距对小麦产量的影响

行距对小麦生长的影响较大,并最终体现在小麦的产量上(见图3)。由图3可知,行距为3m的小麦产量与生物量仅是行距为15m的小麦产量、生物量的52.5%与70.2%,说明林木遮荫对农作物产量的影响程度比其对生物量的影响程度大,即产量比其生物量对遮荫更敏感。在上述情况下林木的行距(x)与小麦产量($Y_{\text{产量}}$)和生物量($Y_{\text{生物量}}$)呈线性正相关关系,其关系式为:

$$Y_{\text{产量}} = 306.0557x + 2875.7959 \quad (r = 0.9675) \quad (5)$$

$$Y_{\text{生物量}} = 434.1911x + 8713.9365 \quad (r = 0.9351) \quad (6)$$

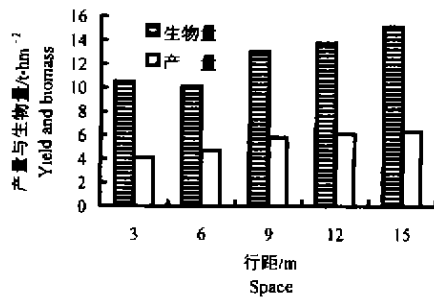


图3 不同林木行距与小麦产量及生物量的关系

Fig. 3 Yield and biomass of wheat under different tree spaces between rows

~5年林龄时林木行距为20m;第6~7年林龄时林木隔行间伐,行距变成40m;同时若考虑到林木时的经济价值,即第1次间伐时林木就可作为檩材或中径材出售,林木最初的行距可设计为25m,第1次间伐的时间可推迟到7~8年林龄左右。

3 小 结

林木行距对土壤含水率的影响是明显的,林木行距与土壤含水率有较密切的负相关关系,0~100cm范围内的关系式为 $Y_{\text{含水率}} = 16.523 - 0.1043x$,说明间作可有效提高土壤含水量;不同林木行距条件东、西林冠下的土壤含水量比其行中点含水量均低,3~15m行距条件下平均低1.0%~5.3%,说明毛白杨幼林与农作物在水分方面有竞争;不同林木行距条件下小麦的叶绿素含量有差异,呈现叶绿素含量与林木行距呈反比的趋势,如3m行距小麦叶绿素的平均含量分别比9m和15m行距的高3.0%和3.3%。同时除3m行距林冠下和行中叶绿素差异较小(林木行距过小)外,9m和15m行距林冠下的叶绿素含量比行中提高3.1%~4.2%,试验说明叶绿素含量与遮荫程度成正比关系;林木不同行距与光合速率和蒸腾速率的关系较密切,成正比关系,其相关系数均在0.95以上。3~15m林木行距条件下每增加1m其光合速率提高 $1.3\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,蒸腾速率提高 $0.2\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$;林木不同行距条件下小麦的生物量积累规律均符合Logistic方程,从计算结果看,行距越小,间作小麦的生物量积累高峰期则越长,从而造成成熟期拖后,甚至影响下1季作物的播种,如3m行距的小麦积累高峰需要47d,9m需要37d,15m需要35d;小麦产量在一定行距范围内与林木行距呈正比关系,同时每1间作年限,农作物均有一个取得最高产量的行距,如在间作的第4年林龄时林木取得最高产量的行距为21~22m,结合平原农区实际情况和作物产量,提出比较合理的林木株行距为间作1~5年,行距为20m,第6~7年间伐,行距变为40m。

由图3可知,15m林木行距时小麦的产量最高,表明在目前的间作林分年龄下随林木行距的增加则作物产量继续上升,即15m的行距并不是此时的最佳行距,可能会更大些。但12m行距的小麦产量和生物量已是15m行距的93.0%和93.6%,说明产量和生物量的增加趋缓。用抛物线模型模拟行距和小麦产量的关系,以确定在该林龄阶段的最佳行距,其关系式为:

$$Y_{\text{产量}} = -11.8682x^2 + 519.6854x + 2128.0988 \quad (r=0.8374) \quad (7)$$

利用(7)式可预报出该林龄下的最佳行距(见表4)。由表4可知,在该林龄下当林木行距为21~22m时小麦产量达到最高值,但以后随着林龄的渐增和树高的增高,林木对作物的遮荫和竞争加强,农作物取得最高产量所需的行距会越来越大。结合以上分析,从粮食生产的角度提出了适于平原区杨粮间作的模式,即第1

表4 不同林木行距条件下的小麦产量测定值与方程预报值

Tab. 4 Wheat farmland yield and equation forecast yield under different tree spaces between rows

项 目 Items	3	6	9	12	15	18	21	24
测定值/kg·hm ⁻² Farmland yield	3770	4321	6199	6678	7182	—	—	—
预报值/kg·hm ⁻² Forecast yield	3580	4819	5843	6655	7253	7637	7807	7764

参 考 文 献

- 1 Chirwa P. W., et al. Pattern of soil moisture depletion in alley cropping under semiarid condition in zambia. *Agroforestry Systems*, 1994, 26: 89~99
- 2 Chirwa P. W., et al. Soil moisture change and maize productivity under alley cropping with leucaena and flemingia hedgerows at chalumbana near lusaka, zambis. *Forest Ecol. Mgmt.*, 1994, 27: 13~19