

农田防护林网隔带更新模式的 微气象效应研究*

陈建业 孟平 宋兆民 辛学兵 张劲松

摘要 应用微气象学原理对隔带更新模式进行效益的评价和理论分析。结果表明:(1)隔带更新后的林网仍具有较高的防风效应,平均为22%,仍在有效防护效能范围之内;(2)隔带更新后的林网蒸散与旷野差为1%。土壤热通量和湍流热通量与旷野相比仍具有显著差异,前者增加约33%,后者减少约19%;(3)隔带更新后的林网总辐射及其各分量前后差异不大,更新时可不考虑;(4)隔带更新拟采伐与主害风平行的林带为佳。

关键词 农田防护林 更新模式 气象效应

黄淮海平原农田防护林建设,始于60年代初,不仅时间早,而且规模也居国内各平原之首。早期营造的农田防护林,树种结构单一,尤为不足的是缺乏“适地适树”原则,造成相当面积林木生长不良,达不到应有的防护作用。随着国内防护林学科的研究与发展,从80年代初开始的黄淮海平原中低产地区综合防护林体系攻关研究,已把传统的农田防护林带(网)发展到多种综合体系新阶段^[1],同时也说明了旧有防护林带更新改造的迫切性。在更新过程中,如何保持效益的连续性与稳定性,这是当前农田防护林建设中必须要探讨的问题。国内外学者对防护林效益的研究较多^[2~3],但从防护效益的角度来研究防护林的更新方式还不多见。为此,“七五”期间在山东省商河县建立了万亩更新改造试验示范区,重点进行半带、隔带、断带、带内、带外、全伐等更新模式的对比试验。该研究应用微气象学原理着重对隔带更新模式进行效益的评价和理论分析。

1 试验场地及仪器设置

本试验设置在山东省商河县玉皇庙乡,位于37°10'N,117°3'E,属温带季风气候区,年平均气温12.6℃,年降水量620.4mm,年蒸发量2066.2mm,相对湿度64%,日照时数2742.8h,年平均风速3.58m/s,全年大风(17m/s)日23.2d,盛行风向为偏南风。

试区现有农田防护林网3200hm²,共86个网隔,于1975年营造,林带均为八里庄杨(*Populus × Xiao Zhuanica* W. Y. Hsu et Liang Cy),在路的两侧各种植2行树,株行距2m × 1m,平均树高为14m,平均胸径为14cm,林带透风系数0.6左右,林网带距东西向为330m,南北向为280m。试验于1991年春进行,更新方式为隔带更新,即每隔一条林带伐去一带,伐去的林带种植毛白杨(*P. tomentosa* Carr.) + 紫穗槐(*Amorpha fruticosa* Linn.),观测点分别

1996-09-20收稿。

陈建业高级工程师,孟平,宋兆民,辛学兵,张劲松(中国林业科学研究院林业研究所 北京 100091)。

* 本文系“八五”国家科技攻关“农林复合系统结构与功能研究”专题的部分。

设置在更新林网、未更新林网内和旷野,林网内测点设置为梅花型,即更新林网为 SW_1 、 NE_1 、 SE_1 、 NW_1 、 O_1 点,未更新林网为 SW_0 、 NE_0 、 SE_0 、 NW_0 、 O_0 点。选择典型天气进行 24 h 连续观测。观测项目为:热量平衡各分量和小气候梯度观测(0.5 m 和 2 m)。使用的仪器为日产净辐射仪、天空辐射表、热流板、三杯风速表、干湿球温度表、曲管地温表等。

2 更新林网走向的理论分析

整个防护林网的防风效应可表示为^[4-5]:

$$\eta(Z) = 1 - \frac{\int_0^H \int_0^{S_1} \int_0^{S_2} W(x, y, z) dx dy}{W_0(Z) \int_0^H \int_0^{S_1} \int_0^{S_2} dx dy} \quad (1)$$

式中 $W(x, y, z)$ 为林网中任意处风速, dx 、 dy 为积分变量。(1) 式的求解见参考文献[4]和[5], 由于 $\eta(Z)$ 的大小与风速、林高 H 、透风度 a 、林网网格面积 S 、长宽比 $n(S_1/S_2)$ 及林网方位、风偏角有关。当对原林网进行隔带更新以后,林高 H 、透风度 a (可近似看作相同的)、风速(对同一地区)没有变化,只有长宽比 n 及林网方位(风偏角)在更新前后是不相同的。更新何种走向林带(采伐东西走向林带或南北走向林带)才能保证更新后仍具有防护效应的连续性和稳定性呢? 根据防护效应的理论计算公式,当采伐东西走向的林带时,主林带(当地盛行南风)之间的距离为 $2S_2$ ($S_2=280$ m, 为未更新林网主带距),采伐南北走向林带时,主林带之间的距离为 S_2 。林带的有效防护距离^[6]为:

$$L_{\Delta} = A(B - \alpha)^a e^{b\alpha} \quad (2)$$

(2) 式中, B 为相应于减弱风速 Δ 时最大的风速系数, A 、 a 及 b 为经验常数, α 为透风系数,当 $\Delta = 30\%$ 时, $L_{30} = 21H = 294$ m。

为确保更新前后接近或在 30% 防护距离以内,上述两种情况应有:

$$\textcircled{1} 2S_2 \quad L_{30} = 294 \text{ m}; \quad \textcircled{2} S_2 \quad L_{30} = 294 \text{ m}$$

由于未更新林网中 $S_2 = 280$ m, 上述 $\textcircled{1}$ 种情况不满足条件 $2S_2 > L_{30}(\text{m})$, 只有 $\textcircled{2}$ 种情况 $S_2 \geq L_{30}(\text{m})$ 时,符合效益的稳定性。因此,隔带更新拟采伐南北走向林带为佳。再从风偏角 θ 参数来看,在相同条件下,对于短边法线与风向夹角为风偏角的长方形林网,当风偏角 θ 增大时,防风效应也增大,在风偏角 $\theta = 90^\circ$ 时,防风效应最佳。为此,更新后的林网的长边林带应与当地主害风方向垂直,同样表明,应以采伐南北走向林带为佳。

根据分析,将以上参数代入(1)式计算,结果表明采伐东西走向林带时,更新林网的防风效应为 17.6%;采伐南北走向林带时,防护效应为 26.9%。

3 更新林网的动力特性

3.1 防风效应

据观测,当隔带更新南北走向林带后,更新林网的总体防护效应平均为 22%,未更新林网的防风效应为 24%。由此看出,更新林网防护效应虽然有所减弱,但仅比未更新林网减少 2%。这主要是因为影响防风效应的主要参数透风度和有效防护距离在更新前后没有改变,致使能保持防护效应的连续性与稳定性。

3.2 湍流交换系数

湍流交换系数的大小受风垂直切变的动力因素和温度梯度的热力因素影响; 当林网更新后其动力和热力因素都相应地发生改变, 从而导致湍流交换系数的变化。

根据观测资料计算结果(见表 1), 更新林网与未更新林网内湍流交换系数平均值分别为 0.364 6、0.316 3 m^2/s , 旷野为 0.490 6 m^2/s , 两者分别比旷野减少了 25.70%、35.5%。两林网的湍流交换系数虽有些差异, 但均优于旷野。造成这种差异的主要原因是林网内风的垂直切变发生的变化, 从而形成较高的空气动力效应。

3.3 扩散阻力

由于任一物理量的垂直扩散方程均可表示为:

$$F \frac{dZ}{K} = - dm \quad (3)$$

将(3)式积分得:

$$F = (m_1 - m_2) \left(\int_{Z_1}^{Z_2} dZ/K \right)^{-1} \quad (4)$$

因此扩散阻力可表示为:

$$Y = K^{-1} dZ \frac{C(e_1 - e_2)(1 + 0.5\Delta T/\Delta e)}{B - Q_s} \quad (5)$$

式中: Y 为扩散阻力, C 是系数, e_1 和 e_2 分别为 Z_1 、 Z_2 高度处水汽压, ΔT 和 Δe 是 Z_1 和 Z_2 之间的气温差与水汽压差, B 是净辐射, Q_s 是土壤热通量。从表 2 可以看出, 更新林网、未更新林网的扩散阻力分别比旷野增加 20.6%、26.9%, 造成林网内外这种差异的原因, 是林网对动力速度的削弱程度的增加, 使其扩散阻力增大, 扩散速度减小。

表 2 林网内各测点的扩散阻力

网格类别	更新林网					未更新林网					旷野
	SW ₁	NE ₁	SE ₁	NW ₁	O ₁	SW ₀	NE ₀	SE ₀	NW ₀	O ₀	
平均值(S/cm)	5.56	4.82	4.87	6.12	5.39	5.36	5.80	5.19	6.53	5.48	4.47
相对增加率(%)	24.3	7.8	8.9	36.9	20.5	19.8	29.7	16.1	46.1	22.5	

4 更新林网的热量平衡

农田林网的热量平衡是形成林网小气候的物理基础。为了研究更新林网的小气候变化特征, 对更新前后林网热量平衡各分量的变化进行了对比观测。

$$B = LE + P + Q_s \quad (6)$$

式中: B 为净辐射, LE 为潜热通量, P 为显热通量, Q_s 为土壤热通量。

4.1 显热通量 P

直接影响农业生产并使林网中小气候条件发生变化的最主要因子是林网内湍流运动的强弱。显热通量公式:

$$P = -\rho C_p K_1 Z \frac{\Delta T}{\Delta Z} = \rho C_p K_1 \frac{T_1 - T_2}{\ln(Z_2/Z_1)} \quad (7)$$

式中: ρ 为空气密度, C_p 为定压比热, K_1 为湍流交换系数, T_1 、 T_2 分别为 Z_1 、 Z_2 高度处的温度。从(7)式中可看出: 显热通量与 1 m 中性层结下的湍流交换系数 K_1 及温度梯度成正比。由于林网中动力的热力因素的改变, 使林网中的显热通量也随之发生变化, 根据观测资料的计算结果, 更新林网与未更新林网内显热通量平均分别比旷野减少 19.2%、26.6%(表 3)。

表 3 林网内各测点显热通量

网格类别 测点	更新林网					未更新林网					旷野
	SW ₁	NE ₁	SE ₁	NW ₁	O ₁	SW ₀	NE ₀	SE ₀	NW ₀	O ₀	
平均值 (kW/cm ² ·min)	0.027	0.036	0.045	0.046	0.037	0.020	0.027	0.043	0.040	0.035	0.047
相对减弱率(%)	42.2	24.1	4.4	3.2	21.9	57.6	42.8	9.5	16.2	26.8	

由于各测点在林网内所处位置不同, 因此, 它们显热通量值的大小也不同, 更新林网中 SW 点和未更新林网中 SW 点的显热通量值均比同类林网中其它测点减少的幅度大, 更新林网 SW 点湍流热通量比旷野减少 42.2%, 未更新林网 SW 点的显热通量比旷野减少 57.6%。这主要是由于当时风速(1.1 m/s)不大(风向为 SSW), 因此热力因素比动力因素占优, 处于主导地位的缘故, 所以 NW 点的值偏高。

4.2 潜热通量 LE

林网内农田的蒸散比较复杂, 受林网结构、植被、气象、水分等因子的制约, 根据资料计算结果, 两林网中各点的潜热通量各不相同, 因为林网中风场、温度场、湿度场在各测点距林带的位置不同而异, 更新林网、未更新林网内的潜热通量平均分别比旷野增加约 1.2%、3.1%, 增加的幅度不算大(见表 4)。

4.3 土壤热通量 Q_s

土壤热通量的大小是受地面温度梯度、空气热容量以及导温率 3 个因子所制约。由于林网的存在, 使上述的制约因子不同于旷野。

据测定更新林网、未更新林网中的土壤

表 4 各测点潜热通量

林网类别	测点	平均值 (kW/(cm ² ·min))	相对增减率 (%)
更新林网	SW ₁	0.189 5	- 6.47
	NE ₁	0.204 6	0.99
	SE ₁	0.202 8	0.1
	NW ₁	0.219 1	8.14
	O ₁	0.207 3	2.32
未更新林网	O ₀	0.203 8	0.59
	SW ₀	0.194 8	- 3.85
	NE ₀	0.215 5	6.37
	SE ₀	0.188 9	- 6.76
	NW ₀	0.241 4	19.25
旷野		0.202 6	

表 5 林网内各测点土壤热通量

林网类别	测点	平均值 (kW/(cm ² ·min))	相对增减率 (%)
更新林网	SW ₁	0.061	55.34
	NE ₁	0.050	27.22
	SE ₁	0.049	24.20
	NW ₁	0.048	22.24
	O ₁	0.053	35.59
未更新林网	O ₀	0.053	35.59
	SW ₀	0.059	51.07
	NE ₀	0.062	58.54
	SE ₀	0.054	37.54
	NW ₀	0.046	17.62
旷野		0.039	

热通量平均分别比旷野增加 32.9%、40.1% (表 5)。这种差异的产生, 主要是由于林网内外温度梯度的差异所致。

4.4 辐射平衡各分量分析

辐射能是一切植物所需能量的唯一来源。了解下垫面的小气候特征, 对讨论辐射平衡各分量的变化是非常必要的。

辐射平衡方程为:

$$R_n = Q - R_k - F \quad (8)$$

式中: R_n 为净辐射, R_k 为反射辐射, Q 为总辐射, F 为有效辐射(R_n 、 Q 、 R_k 为实测值)。

4.4.1 总辐射 Q 观测结果表明, 更新林网与未更新林网内总辐射都有明显的日变化, 其差异并不显著, 分别为 407.4、411.5 kW/cm^2 。所以更新方式并不受影响。

4.4.2 反射辐射 R_k 据观测, 更新林网、未更新林网(下垫面均为小麦)内反射辐射日总量分别为 74.97、75.87 kW/cm^2 , 两者差异甚小, 受更新方式影响很小。

4.4.3 有效辐射 F 有效辐射是地面放出的长波辐射和大气逆辐射之差。在下垫面条件发生局部改变的条件下, 活动面上的温度就会发生相应的改变, 从而引起有效辐射的改变。由公式(8)得:

$$F = Q - R_k - R_n \quad (9)$$

结果表明: 白天(晴天), 更新林网与未更新林网内的有效辐射日总量分别为 66.8、62.3 kW/cm^2 , 前者比后者增加 7.2%。

4.4.4 净辐射 R_n 它是下垫面获得能量使小气候特征发生变化的直接因素。更新林网与未更新林网中的净辐射日总量分别为 265.7、273.4 kW/cm^2 , 旷野为 260.3 kW/cm^2 , 前两者分别比旷野增加(白天)5%和 2.1%, 主要原因是林网减少了有效辐射。

5 结 论

(1) 隔带更新后的林网仍具有较高的防风效应, 平均为 22%, 比未更新林网仅减少 2%, 仍在有效防护效能范围之内。

(2) 隔带更新后的林网湍流交换系数明显低于旷野, 平均减少 19.2%, 扩散速度平均减 20.6%。

(3) 隔带更新后的林网蒸散与旷野的差异很小, 为 1%。土壤热通量和湍流热通量与旷野相比仍具有显著差异, 前者增加 32.9%, 后者减少 19.2%。

(4) 隔带更新后的林网, 总辐射及其各分量前后差异不大, 更新时可不考虑。

(5) 隔带更新拟采伐与主害风平行的林带为佳。

综上所述, 隔带更新后的林网仍具有较好的防护效应; 它的动力效应和热力效应都明显优于旷野; 辐射差异较小。因此, 隔带更新模式是林网更新中较合理的更新方式, 它所具备的小气候条件仍有利于农作物生长发育及产量增加。

参 考 文 献

- 1 宋兆民主编. 黄淮海平原综合防护林体系生态经济效益研究. 北京: 北京农业大学出版社, 1990. 6.
- 2 宋兆民, 陈建业, 杨立文, 等. 河北深县防护林气象效应研究. 林业科学, 1981, 17(1): 8~18.

- 3 Jesen M. Shelterbelt effect. Copenhagen: Danish Technical Press, 1961. 21 ~ 78.
- 4 宋兆民, 孟平, 张翼. 林带透风度与林网的防风效应. 林业科学, 1987, 23(4): 398 ~ 405.
- 5 宋兆民, 孟平, 张翼, 等. 林网方位与防风效应野外模拟试验研究. 林业科学研究, 1989, 2(1): 71 ~ 77.
- 6 曹新荪主编. 农田防护林学. 北京: 中国林业出版社, 1983. 166 ~ 178.

Study on Micrometeorology Effect on Reproduction by Alternate Strip-felling Model

Chen Jianye Meng Ping Song Zhaomin Xin Xuebing Zhang Jinsong

Abstract This dissertation, applying the principle of micrometeorology to study and evaluate the effect on the reproduction by alternate strip-felling of shelterbelt. The results show that: 1. after the shelterbelt is reproduced the effect of forest networks 22%; 2. evapo-transpiration of forest network after shelterbelt reproduction is 1% more than that of the open wide field; heat flux is 32.9% more than that of the open wide field; turbulent flux is 19.2% lower than that of the open wide field; 3. total radiation of the forest network after shelterbelt reproduction is similar to that of the open wide field; 4. it is suitable to adopt the cutting which is parallel with the main wind for production.

Key words model of reproduction farmland shelter forest effect of meteorology

Chen Jianye, Associated Professor, Meng Ping, Song Zhaomin, Xin Xuebing, Zhang Jinsong (The Research Institute of Forestry, CAF Beijing 100091).