

黄土半干旱区不同密度人工白榆林消光特性研究*

陈婷婷, 贺康宁

(北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083)

摘 要:通过对山西省方山县不同密度人工白榆林(*Ulmus pumila*)5-10 月典型晴天净辐射在林冠内垂直分布的实测资料分析,根据 Beer Lambert 方程,结合林分生长季内的叶面积指数动态变化,研究了密度为 1.5 m×2 m 和 1.5 m×4 m 的白榆林消光系数的日变化过程和季变化过程,同时对影响消光系数的因素进行分析。结果表明:消光系数的日变化过程主要受太阳高度角的影响,而季变化过程主要受叶面积指数的影响;密度对消光系数的影响主要是通过对林冠结构的调整而实现的。

关键词:净辐射;叶面积指数;消光系数

中图分类号:S718.3 文献标识码:A 文章编号:1005-3409(2008)01-0209-03

Canopy Extinction Characteristics of Elm in Different Density in Semi-arid Region on Loess Plateau

CHEN Ting-ting, HE Kang-ning

(College of Water and Soil Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the data of forest elm in different density about the net radiation's distribution and canopy structure measured in Fangshan, Shanxi Province, and accounting to Beer Lambert' equation and considering the dynamic change of the leaf areas index (LAI), the paper selected the density in 1.5 m×2 m and 1.5 m×4 m forest elm on study, researched the changing process of extinction coefficient in a day and in a growing season, at same time analyzed the factors affecting the extinction coefficient. The result showed that, the changing process of extinction coefficient in a day mainly affected by solar altitude; while the changing process of extinction coefficient in a growing season mainly affected by leaf areas index(LAI); and the effect of density to the changing process of extinction coefficient is carried out by modulating the structure of canopy.

Key words: net radiation; leaf areas index; extinction coefficient

无论是在基于植物生理过程的作物生长模型中,还是在作物群体光合和蒸散模型中,消光系数都是一个非常重要的参数。对现有林分结构消光特性和林分辐射热量平衡的研究,不仅是林分蒸散、水分需求、水热状况研究的基础^[1+2],也是衡量人工林分结构合理性的重要依据^[2]。因此针对两种不同密度下白榆林其林分结构实际空间配置和叶面积指数的动态变化,分层连续实测各林分受光状况,比较研究林冠消光特性的日变化和季变化特征,同时对影响消光系数的因素进行分析。以便为黄土半干旱区人工白榆林的光利用、水热耦合、蒸散耗水及其辐射热量平衡状况提供研究依据。

1 研究区概况

试验地位于山西省吕梁山西麓的方山县峪口镇土桥沟流域(北纬 37°36'58",东经 110°02'55"),属黄河中游黄土丘陵沟壑区,地处黄河一级支流北川河的三级阶地。流域呈东西走向,无常流水,流域内最高海拔 1 446 m,试验区平均海拔 1 200 m 左右。该区属暖温带大陆性季风气候,干燥度 1.3;冬春寒冷干燥,秋季凉爽少雨,夏季降雨集中,无霜期 140 d;多年平均气温 7.3℃,多年平均降水量 416 mm,且年

内分配非常不均,6-9 月降水占全年的 70% 以上;试验区造林地的土壤为黄绵土,由黄土母质直接发育形成,层次过渡不明显;土层深厚,质地均匀,为中壤土,pH 值为 8.0~8.4。

2 材料与方法

2.1 林分选择

选择株行距分别为 1.5 m×2 m 和 1.5 m×4 m 的白榆林为试验标准地。该试验林为 1986 年春季反坡整地、截杆造林的常规试验处理,林分具体情况如表 1。

表 1 不同密度林分林木生长状况比较

林分类型	密度/ (株· hm ⁻²)	郁闭度	树高/ m	胸径/ cm	冠幅/m	
					E-W	S-N
白榆						
1.5 m×2 m	2220	0.5	6.54	6.03	1.34	1.82
白榆						
1.5 m×4 m	1330	0.6	6.87	7.17	2.19	2.33

* 收稿日期: 2006-07-06
基金项目: 教育部科学技术研究重大项目(10407); 国家自然科学基金项目(30371172)
作者简介: 陈婷婷(1981-),女,在读硕士,主要从事林业生态工程研究。
通信作者: 贺康宁,男,教授,博导。

2.2 研究方法

2.2.1 净辐射

试验用净全辐射计(DFY5 型),2005 年 5- 10 月选择典型晴天进行观测。冠顶和冠底的净辐射 R_n 分别在冠上和地上 1 m 高处进行,考虑到林冠下光照的不均匀性,采取在林内地内随机选择 30 个测点,取平均值的方法获得最终 R_n 值;垂直观测时,选择标准木,假定冠层由随机排列的水平叶构成^[3],沿林冠向下每 1 m 为一层,在各个方向测各层的 R_n 值,所有观测 8: 00- 18: 00, 每 1 h 一次,在北京时间整点前后的 10 min 内完成。

2.2.2 叶面积指数

叶面积指数是一个无量纲的量,是指一定土地面积上所有的单叶叶面积之和与该土地面积的比值。叶面积的测定主要用收获法,对各林分分层选标准枝,扫描称重,每月通过大量观测建立叶面积和叶重回归关系。前期仅测标准枝叶面积,在完成最后一次观测后,对相应的标准木进行收获,选标准枝并分层摘下叶片称重,求得全树各层的叶面积,再利用标准枝叶重与全株叶重比,推测前期观测的标准木叶面积^[11]。林分叶面积指数为标准木叶面积除以单株营养面积,单株营养面积为林分内每株林木的平均占地面积。

2.2.3 消光系数

由 Beer Lambert 方程^[3-6],可以求出消光系数与叶面积指数及净辐射之间的关系表达式:

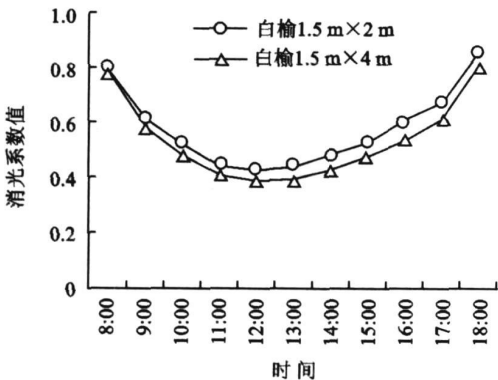


图 1 典型晴天(6 月 13 日)消光系数日变化过程

3.2 消光系数季变化

从图 2 可以看出, (1) 消光系数值在生长季初和生长季末较小,消光系数曲线呈先增大,再减小趋势; (2) 在生长季内,消光系数值在 7- 9 月变化幅度较小,消光系数值相差不大,而最大值出现在 8 月;这是因为: 7, 8 月正值该地区的降水充沛期,树木进入这个时期增长迅速,枝叶茂密,而叶面积在这个时期也有一个明显的增长期,故消光系数的最大值出现在 8 月; (3) 随着林分密度的增大,生长季日均消光系数值也呈增大的趋势,但不同密度林分在生长季的日均消光系数值差异相对较小。

3.3 影响消光系数的因素分析

3.3.1 太阳高度角与消光系数

对林分日内瞬时消光系数与太阳高度角变化的相关分析发现: 在所有的观测日内,其瞬时消光系数值与其对应的太阳高度角都密切正相关;林分在生长季内的日均消光系数值却与其正午太阳高度角的相关关系不显著。因此可认为,

$$k = - \ln(R_{ns}/R_n)/I_l$$

式中: k ——林分消光系数; R_{ns} ——穿透林冠到达冠下的净辐射(W/m^2); R_n ——到达林冠上的总净辐射(W/m^2); I_l ——林分叶面积指数。此外,日平均消光系数:

$$K = - \ln(R_{nt}/R_{ngt})/I_l$$

式中: K ——日均消光系数; R_{nt} ——穿透林冠到达冠下的日总净辐射(W/m^2); R_{ngt} ——到达林冠上的日总净辐射(W/m^2); I_l ——林分叶面积指数。 R_{nt} 和 R_{ngt} 根据林冠上下净全辐射计每 1 h 实测的每分钟 R_n 瞬时值运用插值法求得,该文只考虑 8: 00- 18: 00 的 R_n 变化。

3 结果与分析

3.1 消光系数日变化

从图 1 可以看出, (1) 消光系数值在早晚较大,消光系数曲线呈先减小,再增大趋势; (2) 在此观测日内,消光系数在 11: 00- 13: 00 内变化幅度较小,在此时段内消光系数值相差不大,最小值出现在正午 12: 00;这是因为: 当冠层结构变化不大的情况下,消光系数的变化主要是由太阳高度角的变化所引起,正午时太阳高度角最大,所以 R_n 通过林冠的厚度相对变小,林冠截留量相对减小,从而到达地面的 R_n 增多,因此导致此时消光系数最小; (3) 随着林分密度的增大消光系数值也呈增大的趋势,但不同密度林分的消光系数值差异相对较小。

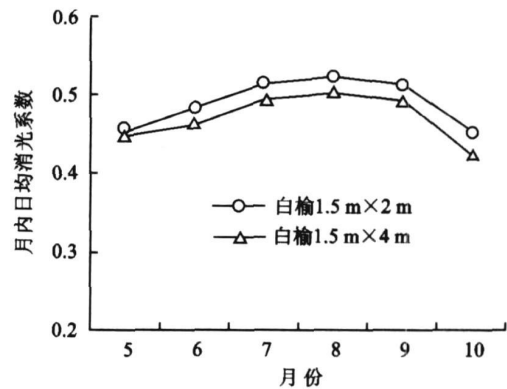


图 2 生长期各林分日均消光系数的变化过程

日内太阳高度角的变化决定了林分消光系数的日变化过程,从而使消光系数日变化呈现出同太阳高度角日变化相同的规律,所以消光系数的最小值出现在正午 12: 00。说明林分的日内消光系数的变化过程主要受太阳高度角的控制,但其消光系数值的大小却与太阳高度角的关系不明显。

3.3.2 林冠结构与消光系数

林冠结构特征主要有树冠形状、叶面积特征、叶角分布和叶片散布状况。不同林冠结构直接决定了净辐射及其光能在林内的分布和传输^[7],从而影响到林内风速、湿度、蒸散及林下植被的分布^[7-9],形成了不同的林分生态系统和森林小气候环境^[7, 10]。由于此试验涉及到的林分只在密度上有较大差别,所以这部分主要针对叶面积指数来研究。

生长季内的日均消光系数变化趋势与叶面积变化趋势大致相同;在林分叶面积指数达到高峰时,日均消光系数也达到季内的最大值。但在 7- 8 月,叶面积快速增长,叶面积指数的增长幅度相应也很大,可消光系数在这个阶段变化较

平缓;这是由于到 7 月时,林分的郁闭度已经较高,之后虽然叶面积明显增长,叶片之间会产生相互遮挡,平均单位叶面积上消光能力的增长率随叶面积增长越来越小,表现出整个林分的消光能力趋于稳定的趋势。

3.3.3 密度与消光系数

尽管两种密度的白榆林在观测日内同时刻,其消光系数值并没有太大差异,但整体上,林分体现出随密度的增大,消光系数也增大的趋势,这说明密度对消光系数也有一定的影响作用。这种影响作用是通过密度对林冠结构的调控而体现的,通过观察,密度小的林分较密度大的林分,冠形常常较伸展,单株叶面积大。总体上,由于低密度林分的总叶面积和林冠盖度小于高密度林分,所以低密度林分消光系数也低于高密度林分。

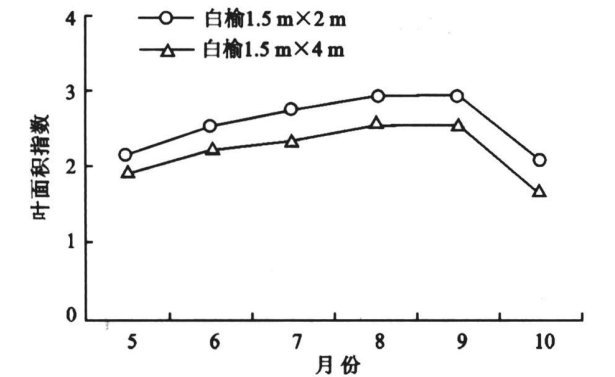


图 3 生长期各林分叶面积指数的变化过程

3.4 消光系数模拟

从上面的分析可知,太阳高度角和叶面积指数对消光系数的影响较大,因此选择代表太阳状况的太阳高度角和代表林冠结构的叶面积指数 2 个指标来建立模拟消光系数值变化的经验公式,表达式如下:

$$K = \frac{a}{L_{ai}} \exp \left[\frac{b}{L_{ai}} \exp (\sinh) \right]$$

式中: a , b ——经验值; h ——太阳高度角; L_{ai} ——叶面积指数; k ——瞬间的消光系数值。

由于 10 月落叶树种都有不同程度的落叶,并且叶片叶绿素含量减小,叶子枯黄,与其它月份差异大,故单独作为一个时段模拟。对模拟结果和实测值建立线性关系分析比较,发现模拟值与实测值吻合度较高,复相关系数达到了 0.9 以上,故模型具有实际应用价值。

表 2 白榆生长季内消光系数模拟参数

月份	a	b	n	R^2
5- 9	4. 2132	- 1. 333	176	0. 9501
10	3. 8342	- 1. 516	20	0. 9210

同时另选择生长较稳定的 8 月 16 日,对模拟值与实测的消光系数日进程进行比较,发现:模拟值与实测值拟合结果非常相近,相对误差在 15% 以内;只是林分早晚的偏差相对较大,这主要是由于早晚太阳高度角较小,在对辐射及净辐射的观测中,仪器的误差较大引起的。

4 结论与讨论

(1) 白榆消光系数日变化曲线呈先减小,再增大趋势;消光系数值在早晚较大,在 11:00- 13:00 内变化平缓,最小值则出现在正午 12:00。

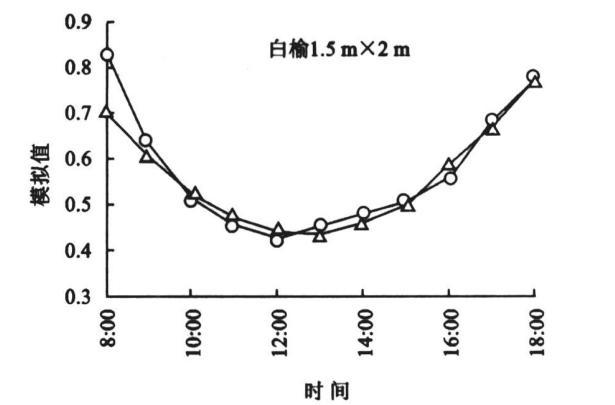


图 4 消光系数模拟值

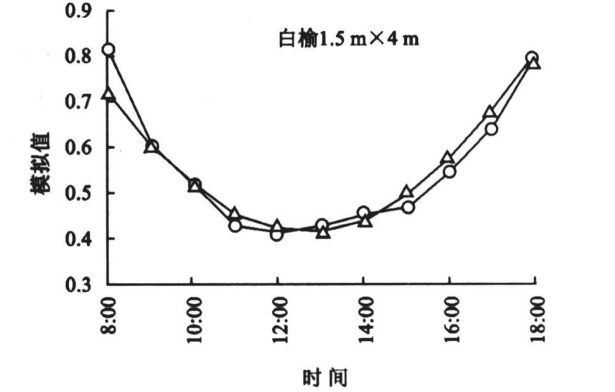


图 5 消光系数模拟值

(2) 白榆消光系数季变化曲线呈先增大,再减小趋势;消光系数值在生长季初和生长季末较小,在 7- 9 月变化平缓,而最大值出现在 8 月。

(3) 消光系数主要受太阳高度角和林冠结构的影响。太阳高度角决定了消光系数的日变化过程;而叶面积指数则决定了消光系数的季变化过程。

(4) 消光系数随林分密度的增大而增大,密度对消光系数的影响主要是通过对林冠结构,包括叶面积指数、冠形结构和叶面积散布状况的调整而实现的。

参考文献:

[1] 贺康宁,张学培,赵云杰,等. 晋西黄土残源沟壑区防护林热收支特性及蒸散研究[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(6): 7-13.

[2] 王克勤,陈奇伯. 金沙江干热河谷人工生态林的林分环境分析[J]. 中国水土保持科学, 2003, 1(1): 74-79.

[3] 康绍忠,刘晓明,熊运章. 土壤-植物-大气连续体水分传输理论及其应用[M]. 北京: 水利水电出版社, 1994.

[4] 高晓飞,谢云,王晓岚. 冬小麦冠层消光系数日变化的实验研究[J]. 资源科学, 2004, 26(1): 137-140.

[5] 刘志刚,马钦彦,潘向丽,等. 华北落叶松人工林放叶过程中的辐射特征[J]. 生态学报, 1997, 17(5): 519-524.

[6] Vose J M, Wayne T S. Assessing seasonal leaf area dynamics and vertical leaf distribution in eastern white pine (*Pinus strobes* L.) with a portable light meter [J]. Tree Physiology, 1990(7): 125-134.

障价值。近几年来北京市建设发展迅速,全市每年农地征用面积较多,正确、合理地确定农地征用的补偿标准,是征地过程中的矛盾焦点。结合农用地分等定级成果,依据土地估价方法制定征地区片综合价,即在密云县范围内对不同征用区片,按照不同用途,分别评估确定的农用地价格和社会保障价格平均水平。通过制定和实行征地片价,一方面适当提高了征地补偿标准,另一方面解决了过去同一地段或地块因土地用途不同而征地补偿标准不统一的问题,实现了农用地征用价格水平的宏观控制,为推进征地制度改革、依法保障农民合法权益奠定了基础。

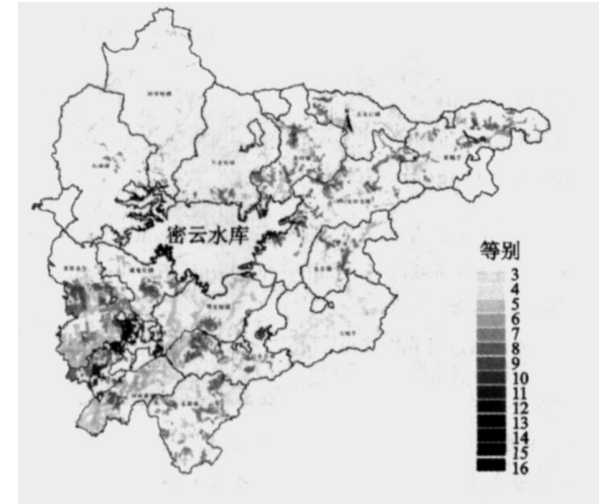


图 3 密云县农用地等别

(4) 为加强土地开发整理项目设计、实施、验收等环节的质量管理提供依据。如何评价土地整理的效果,衡量土地整理前后耕地质量是否提高,一直以来都缺乏定量的衡量标准。农用地分等定级价成果能够对密云县县域内土地开发整理前后的耕地质量状况进行对比分析,研究建立土地开发整理中耕地质量评价的指标体系、技术方法和工作程序等。农用地分等定级成果可在土地开发整理规划编制、土地开发整理项目耕地质量评价和土地整理效益分析以及土地开发整理项目规范化管理等方面应用。比如,农用地分等定级成果包括等指数、定级指数等反映农用地质量的信息,对这些成果的系统分析,有助于确定合理土地开发整理重点区域、区域土地开发整理潜力以及应采取的措施等,提高土地开发整理规划编制的科学性。通过比较土地开发整理前后项目区土地的等级可对整理前后土地质量变化做出定量分析,有助于提高土地整理项目的经济效益。在土地开发整理项目规范管理方面,应增加对耕地质量进行评定的环节,以提高补充耕地的等级。可考虑对土地开发整理项目初步设计规范进行修订完善,增加在项目的初步设计阶段对补充耕地等

级进行评定的有关内容,土地开发整理项目初步设计完成后须评定补充耕地应达到的等级,在项目竣工后,应对项目土地等级进行测评和验收,认定补充耕地的等级^[10]。

6 建 议

从农用地分等定级结果分析,此次研究工作自然及社会经济资料充分,外业调查详实可靠,后期内业计算采用方法准确,研究结果可信。但此次分等研究环节过程中,指标区划分以乡镇行政区划作为划分依据误差较大,致使部分地块在分等定级后,结果与地域规律出现偏差。建议在今后工作中,按照自然环境情况对指标区的划分效果会更好。

参考文献:

[1] FAO, Guidelines, Land Evaluation for Rainfed Agriculture[M]. FAO Soil Bulletin 52, Rome, 1988.

[2] FAO. Planning for Sustainable Use of Land Resources towards a New Approach[M]. FAO Land and Water Bulletin, Rome, 1995.

[3] 赵安, 赵小敏. FAO-AEZ 法计算气候生产潜力的模型及应用分析[J]. 江西农业大学学报, 1998(4): 528-533.

[4] FAO. Agro-ecological Land Resources Assessment for Agricultural Development Planning[R]// World Soil Resources Report. 1994.

[5] 中华人民共和国国土资源部. 农用地分等定级规程[S]. 2001.

[6] 马克思. 资本论(3卷)[M]. 北京: 人民出版社, 1953: 701-710.

[7] 高向军, 马仁会. 中国农用地等级评价研究进展[J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 165-168.

[8] 邵景安. 农用地分等定级研究进展[J]. 成都大学学报: 自然科学版, 2002, 21(3): 30-35.

[9] 安萍莉. 农用地分等定级中标准耕作制度的确定[J]. 地理学与国土研究, 2002, 18(2): 45-48.

[10] 李维哲. 发挥农用地分等定级估价在农用地管理中的技术支撑作用[J]. 国土资源情报, 2005(12): 7-10.

[11] 国土资源部. 《农用地分等规程》(TD/T1004-2003)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.

[12] 郑湘梅. 农用地分等定级估价成果的特点与应用[J]. 区域经济, 2003(12): 88.

[13] 鄢文聚, 程锋. 农用地分等定级的四个应用[J]. China Land, 2005(1): 44.

[14] 高中贵. 我国农用地分等定级研究综述[J]. 经济地理, 2004, 24(7): 514-518.

(上接第 211 页)

[7] 李德志, 藏润国. 森林冠层结构与功能及其时空变化研究进展[J]. 世界林业研究, 2004, 17(3): 12-16.

[8] 何艺玲, 傅懋毅. 人工林林下植被的研究现状[J]. 林业科学研究, 2002, 15(6): 727-733.

[9] 刘晨峰, 尹婧, 贺康宁. 林下植被对半干旱区不同密度刺槐林地土壤水分环境的指示作用[J]. 中国水土保持

科学, 2004, 2(2): 62-67.

[10] 桑卫国, 郑豫, 张德全. 暖温带落叶阔叶林林冠层表面辐射通量动态与特点[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(3): 40-43.

[11] 贺康宁, 田阳, 张光灿. 刺槐日蒸腾过程的 Penman-Monteith 方程模拟[J]. 生态学报, 2003, 23(2): 251-258.