

森林可燃物含水率与森林 火灾危险性的研究

王 栋

(林业部森林防火办公室)

摘要 通过对森林群落小气候和可燃物含水率变化的观测,研究森林群落可燃物含水率的变化规律。分析了柞木林、山杨林、硬阔林、人工落叶松林、踏头草甸五种不同类型森林群落内的气象因子和可燃物含水率变化,与标准气象站数据的差异及相关性。在此基础上,探讨利用标准气象因子与森林可燃物含水率之间的相关关系,预测森林火灾危险性的可能性和方法。

关键词 森林 可燃物 含水率 火灾危险

森林可燃物能否燃烧的一个关键问题是湿度,即含水率。掌握了可燃物的含水率变化,也就掌握了燃烧性的变化,从而使森林火灾危险性的预测能够具有重要的科学依据。

目前我国广泛采用的林火预测预报方法主要是利用气象与森林火灾的历史资料,采用统计的方法进行的^[1,2]。由于缺乏对森林可燃物燃烧机理的研究,没有考虑森林燃烧的基本物质,即可燃物的特点,使得这种方法具有一定的盲目性,同时也缺乏具体的指导意义。

近年来,国内外森林防火部门和学者曾分别对森林火灾危险性与可燃物之间的关系进行过研究^[3],并将成果分别引进了不同的林火预测预报系统^[1,2]。为了进一步揭示森林可燃物含水率变化的规律及与气象因素变化之间的相关关系,于1981~1991年进行本项研究,着重于分析几种主要森林群落类型林内小气候及其可燃物含水率变化的影响,试图根据气象资料确定各种类型可燃物的湿度,探讨利用天气情况的可预测性对森林火灾危险性进行预报的可能性。

1 试验地概况与研究方法

1.1 观测区简介

观测区设置于东北长白山林区张广才岭西北部的老爷岭,地理位置为127°35'E, 45°18'N,属于黑龙江省尚志县。该地区平均坡度10~15°,平均海拔300m,属于温带气候,半山区地带。

1991-06-01收稿。

1) Lancaster James W. 国家火险等级系统在防火管理上的应用。见:中国林业科学院情报研究所. 1978, 国外森林防火专辑之七。

2) Schroeder Mark J. Fire weather. U. S. Government Printing Office, 1970. 180~196.

该观测区的原始林相是阔叶红松混交林。由于长期砍伐、破坏, 现已形成次生林相和人工林。主要森林类型有: 山杨林、柞木林、白桦林、枫桦杂木林、硬阔混交林、椴树林、阔叶混交林及不同类型的人工针叶林, 如红松林、落叶松林、樟子松林等。根据该地区的森林植被特点, 选择了具有代表性的五种群落类型, 即: 柞木林(代表树种蒙古柞 *Quercus mongolica* Fisch.)、山杨林(代表树种为山杨 *Populus dauriana* Dode)、硬阔林(代表树种为胡桃楸 *Juglans mandshurica* Maxim.、水曲柳 *Fraxinus mandshurica* Rupr.)、人工落叶松林(代表树种为长白落叶松 *Larix olgensis* Henry)、踏头草甸(代表植物为苔草 *Cerex* sp.), 作为样地进行定点观测。

1.2 观测方法、材料与取样分析

在观测区的林间空地设置标准气象站, 每天 8 时和 13 时观测干球温度、湿球温度、相对湿度、风速、风向、降雨量。13 时增加观测蒸发量。每天相同时间, 在每个定点观测地的固定地点, 利用便携式气象仪器观测, 取得上述相同内容的气象数据。

各群落类型可燃物含水率的观测采用每天定时观测取样的方法。材料分别为标准木指示板¹⁾、林内同一种类灌木枝条、同一种类林下草本植物、林下枯枝落叶、林下腐殖质、林下 5~10 cm 和 10~20 cm 的土壤。木指示板选用山杨木, 规格为 12 cm × 5 cm × 2 cm; 置于每种群落内的固定位置。每天定时(8、13 时)称重, 对照其干重, 计算出木指示板含水率。其它观测材料每天定时按固定样方取样, 回室内用烘干机干燥, 干燥条件为 105 °C, 24 h。含水率计算公式为: 含水率 = (湿重 - 干重) ÷ 干重 × 100 %。

用氧弹式热量计测量灌木枝条、草本植物和枯枝落叶的发热量, 单位为 kJ/kg (绝干条件)。单位样方内可燃物发热量之和即为单位面积可燃物的有效能量。通过燃烧实验, 确定每种可燃物的蔓延速度和火强度, 单位分别为 m/min、kJ/m · min。

2 结果与分析

2.1 五种群落类型的小气候特点(表 1)

2.1.1 最小相对湿度 踏头草甸与硬阔林的平均相对湿度明显高于其它三个类型, 这显然是由于其立地条件较水湿的原因。由变动系数可以看出, 踏头草甸的相对湿度变化幅度要大于硬阔林, 而在极端条件下, 如最小相对湿度的下限, 踏头草甸仅低于硬阔林。

2.1.2 最高温度 柞、杨林的平均最高温度和变动系数几乎相同, 说明其林冠对阳光直接辐射的遮挡作用类似。落叶松林内温度最低。而踏头草甸的平均温度最高, 变动幅度也最大(除硬阔林外), 说明踏头草甸的环境温度变化急骤, 温差较大。

2.1.3 最大风速 柞、杨、落叶松、硬阔林内的最大平均风速均小于踏头草甸, 由此可见林木有挡风作用。这四种林型中又以落叶松林内平均风速最小。柞、杨、落叶松林风速变动幅度较大, 是与其生长在山坡的位置对风向的影响有关。

2.1.4 蒸发量 蒸发量受相对湿度和最高温度的控制。柞、杨林蒸发量明显较大, 是由于相对湿度最小、温度较高的原因。落叶松林相对湿度较大, 温度最低, 所以蒸发量最小。踏头

1) 石生彩译 可燃物水份测量. 中国林业科学院情报所, 1982.

表1 气象因子特征数

因子	群落类型	单元数	平均数	标准差	变动系数
			\bar{x}	S	S/\bar{x}
最小相对湿度	柞木林	47	46.06	20.36	0.44
	杨木林	47	45.13	18.58	0.41
	硬阔林	46	50.87	19.23	0.38
	落叶松林	47	47.70	18.80	0.39
	踏头草甸	48	51.65	20.20	0.39
气象站	39	48.46	19.10	0.39	
最高温度	柞木林	48	11.41	8.08	0.71
	杨木林	48	11.40	8.05	0.71
	硬阔林	46	11.27	8.54	0.76
	落叶松林	48	10.91	7.93	0.73
	踏头草甸	48	11.84	8.79	0.74
气象站	48	11.33	8.29	0.73	
蒸发量	柞木林	46	1.88	0.98	0.52
	杨木林	45	1.86	1.08	0.58
	硬阔林	45	1.65	0.96	0.58
	落叶松林	45	1.43	0.84	0.59
	踏头草甸	48	1.78	1.05	0.59
气象站	48	2.47	1.68	0.68	
最大风速	柞木林	48	1.30	0.65	0.50
	杨木林	48	1.69	0.70	0.64
	硬阔林	46	1.59	0.75	0.47
	落叶松林	48	0.91	0.56	0.62
	踏头草甸	48	1.89	0.92	0.49
气象站	48	3.58	1.81	0.51	
降雨量	柞木林	46	1.13	2.43	2.15
	杨木林	46	1.01	2.17	2.15
	硬阔林	46	0.92	1.91	2.08
	落叶松林	46	1.07	2.60	2.43
	踏头草甸	48	1.53	3.36	2.20
气象站	47	1.38	3.01	2.18	

对五种群落类型的木指示板平均含水率进行差异显著性检验,证明落叶松林与杨木林之间、踏头草甸与杨木林之间的差异是显著的。

2.2.2 细小可燃物含水率特点 所观测的细小可燃物主要是林内地表的枯枝落叶,其含水率低于20%时容易燃烧,低于10%时可强烈燃烧¹⁾。分析表3可看出,五种群落类型细小可燃物的含水率明显不同。落叶松林内枯枝落叶平均含水率最高,这与前面讨论的落叶松林内小气候特点和木指示板含水率特征是完全一致的。而踏头草甸中的苔草和小叶章(*Deyeuxia angustifolia* (Kom.) Chang)等草本植物,形状细小,立体排列,空间稀疏,水份极易蒸发,所以其平均含水率明显低于其它类型。阔叶林的枯枝落叶排列在地表,叶形大,吸水能

草甸虽然相对湿度最大,但温度也最高,共同作用的结果使蒸发量居中。

2.1.5 降雨量 踏头草甸的降雨量最大,说明其它四种群落类型树冠对雨水的截持作用。由于硬阔林的主要树种是胡桃楸、水曲柳,其叶形宽大,截持作用最明显。四种群落类型中落叶松林对雨水截持作用最小,林内降雨量最大。

由上可见,五种群落类型的气象因子变化既不同于气象站的,彼此之间也有较大差异。

2.2 五种森林群落类型林下可燃物含水率的特点

2.2.1 木指示板含水率 从表2可看出,踏头草甸的木指示板平均含水率最高,变动幅度也最大,说明有时很湿,有时很干燥,这与踏头草甸的小气候特征是一致的。

表2 木指示板含水率特征数

群落类型	单元数	平均含水率	标准差	变动系数
		\bar{x}	S	S/\bar{x}
柞木林	46	19.94	14.55	0.73
杨木林	48	17.08	13.08	0.77
硬阔林	46	22.54	18.50	0.82
落叶松林	46	22.63	14.84	0.65
踏头草甸	46	25.16	20.86	0.83

在其它四种森林群落类型中,落叶松林的平均含水率最高,变动幅度也最小,说明经常处于潮湿状态。

1) 郑焕能编. 灭火技术. 见: 森林防火. 1980, 34.

表3 易燃可燃物含水率特征数

群 类	落 型	平均含水率 \bar{x}	变动系数 S/\bar{x}	含水率10% 以下日数(d)	10%以下日数 占总日数(%)	蔓延速度 (m/min)	火强度 (kJ/m·min)
柞 木 林		68.58	2.00	55	40	0.17	4 396
杨 木 林		62.37	1.25	— ^①	—	—	—
硬 阔 林		57.74	1.38	—	—	—	—
落叶松林		71.14	1.43	16	12	0.16	4 241
苔 草		46.79	1.03	49	36	0.23	4 354
小 叶 章		40.25	1.11	49	36	0.23	4 354

①因观测时间短未列入,下同。

力强,平均含水率因此比较高。分析证明,不同群落因其细小可燃物的形状、大小、质地、结构、排列不同,使其含水率及变动幅度产生较大差异。从变动系数看,几种类型都高于1倍以上,因此其平均含水率都有可能低于20%或10%,即都可达到强烈燃烧的干燥程度。观测结果证明,落叶松林枯枝落叶含水率低于10%以下的日数最少。

2.2.3 土壤含水率变化特点 林内土壤上层5~10 cm是腐殖质层,属于可燃物范围,因此重点分析上层土壤。

表4 土壤含水率特征数

群落类型	5~10 cm				10~20 cm		
	平均含水率 \bar{x}	标准差 S	变动系数 S/\bar{x}	含水率下限 $\bar{x}-S$	平均含水率 \bar{x}	标准差 S	变动系数 S/\bar{x}
柞 木 林	63.76	47.61	0.77	16.15	42.23	30.65	0.43
杨 木 林	70.64	49.01	0.67	21.63	49.52	18.18	0.62
硬 阔 林	87.48	50.19	0.57	37.29	47.34	12.40	0.26
落叶松林	68.93	17.76	0.26	51.17	57.40	14.56	0.25
踏头草甸	—	—	—	—	142.48	80.62	0.57

分析表4可看出,柞木林土壤上下层的平均含水率最低,而且其变动系数最大,含水率下限可达16.15%,容易燃烧,这与前面分析的柞木林小气候特征、木指示板及易燃可燃物的情况一致。

落叶松林土壤的下层含水率最高。上层平均含水率虽不是最高,但由于其变动幅度小,使其含水率的下限最高,为51%,属于不燃烧之列。

硬阔林土壤上层腐殖质层含水率虽高于落叶松林,但其变动系数却高于落叶松林一倍以上,在最干燥条件下,含水率低于落叶松30%左右,也属可燃范围。

杨木林土壤上层平均含水率也较高,但其下限为23.31%,属易燃范围。踏头草甸由于上层土壤难于划分,因此未作分析。

通过以上对不同森林群落类型小气候及可燃物含水率分析,证明森林群落类型不同,其可燃物含水率不同,变化规律也不同。

2.3 气象因素的改变对可燃物含水率变化的影响及其相关性

表5~7给出了不同群落木指示板含水率的连日变化情况以及特征数以及方差分析的结果。

由表5看出,五种不同群落类型的木指示板含水率9月18日开始基本都是逐日下降,至21日上升,22日又下降,这说明每日不同的气象因素变化对含水率变化影响很大。表6、7假设连日气象因素的变化对各群落木指示板含水率变化无显著影响,进行方差分析。结果,以95%的可靠性证明气象因素变化对不同森林群落木指示板含水率的连日变化有显著影响。

表5 木指示板含水率连日变化

(1981年9月)

日期 (日)	柞木林	杨木林	硬阔林	落叶松林	踏头草甸	T_{Ai}	\bar{x}_i
18	48.6	38.5	10.0	36.5	44.1	177.7	35.54
19	42.9	23.5	10.0	27.5	23.5	127.4	25.48
20	22.9	17.9	7.5	35.3	10.5	94.1	18.82
21	48.6	38.5	27.5	31.5	38.2	184.3	36.86
22	28.6	12.8	7.5	20.0	14.7	83.6	16.72
T_{Bj}	191.6	131.2	62.5	150.8	131.0	$T = 667.1$	$\bar{x} = 26.68$

表6 含水率变化方差分析(一)

(1981年9月)

日期 (日)	x_{ij}^2					$\sum_{j=1}^b x_{ij}^2$
18	2361.96	1482.25	100.0	1332.25	1944.81	7221.27
19	1840.41	552.25	100.0	756.25	552.25	3248.91
20	524.41	320.41	56.25	1246.09	110.25	1880.75
21	2361.96	1482.25	756.25	992.25	1459.24	6655.7
22	817.96	163.84	56.25	400.0	216.09	1654.14
$\Sigma \Sigma x_{ij} = 20660.77$						
$L_T = 2859.87, L_A = 1722.76, L_B = 1745.48$						

表7 含水率变化方差分析(二)

变差来源	自由度	离差平方和	均方	均方比	F_{α}
组间	4	1722.76	430.69	$F = \frac{430.69}{56.86}$	$F_{0.05} \left(\begin{matrix} f_1 = 4 \\ f_2 = 20 \end{matrix} \right)$
组内	20	1137.11	56.86	= 7.57	= 2.87
总计	24	2859.87			

关于气象因素变化与可燃物含水率变化的相关性,本研究主要选用了柞木林在春秋两季防火期的约150个木指示板含水率数据与相对应的约900个气象数据对比作图确定相关关系,然后采用多元逐步回归方法^[4],利用电子计算机算出多元回归方程^[6],类型如下:

$$Y = A - Bx_2 - Cx_5 - Dx_6 + Ex_1x_2 + Fx_2x_5 - Gx_3x_5 - Hx_4x_5 \\ + Ix_1x_2 + Jx_2^2 - Kx_5^2$$

参数值如下:

$$A = 61.98, B = 5.4, C = 3.95, D = 8.65, E = 0.05, F = 0.30, \\ G = 0.35, H = 1.85, I = 0.03, J = 0.13, K = 0.78$$

x_1 = 最小相对湿度, x_2 = 最高温度, x_3 = 风速, x_4 = 蒸发量, x_5 = 降雨量, x_6 = 连旱天数。

复相关系数 $R = 0.86$ (可证明可靠性), $Y =$ 柞木林木指示板含水率。

运用上述公式, 即可得出某种气象条件下该柞木林木指示板含水率, 如根据1981年10月5日气象条件, 运用上述公式算出其木指示板含水率为:

$$Y = 61.98 - 5.4 \times 11.5 - 3.95 \times 5.9 - 8.65 \times 0 + 0.05 \times 46 \times 5.9 \\ + 0.3 \times 11.5 \times 5.9 - 0.35 \times 2 \times 5.9 - 1.85 \times 1.6 \times 5.9 + 0.03 \\ \times 46 \times 11.5 + 0.13 \times 11.5^2 - 0.78 \times 0 = 21$$

在取得气象数据的同时, 观测实际木指示板的含水率为20%。计算的准确率为95%, 计算值和实际值表明木指示板处于可燃范围。

3 结论

(1) 在同一气象条件下, 不同森林群落类型由于立地条件、树种组成、林冠大小和形状、林内和地表植被的质地及排列等因素的差异, 其群落内的小气候明显不同。

(2) 在同一气象条件下, 由于群落类型和群落内小气候的差异, 不同群落类型的可燃物含水率变化明显不同。

(3) 不同森林群落的可燃物含水率变化与气象因素的变化之间存在固定且不同的相关关系, 利用这一相关关系可分析不同森林群落可燃物的燃烧性。

参 考 文 献

- 1 郑焕能等. 林火管理. 东北林业大学出版社, 1986. 13~34.
- 2 林业部护林防火办公室编. 森林防火. 北京: 中国林业出版社, 1984. 58~62.
- 3 宋志杰等. 林火原理和林火预报. 北京: 气象出版社, 1991. 158~172.
- 4 北京林学院主编. 数理统计. 北京: 中国林业出版社, 1980. 175~251.
- 5 郎奎健, 唐守正. IBM-PC系列程序集. 北京: 中国林业出版社, 1987. 113~126.

Study on the Relation between the Moisture Content of Forest Inflammable Material and Forest Fire Danger

Wang Dong

(Forest Fire Prevention Office, Ministry of Forestry)

Abstract In this paper, regularity on the change of moisture content of forest inflammable materials in relation with forest fire was studied through the measurement of forest moisture content and observation on the forest microclimate. Studies were conducted in 5 types of forest colonies: oak stand, aspen stand, hard broadleaf stand, larch plantation and forest land with mosses. Besides, the data from the local standard weather stations were also used for comparison for variance analysis. Based on the results, possibility and methods for prognosis of forest fire danger by means of meteorological data from the local weather stations were discussed.

Key words forest inflammable material moisture content fire danger