

吉林省主要林型森林火灾的碳量释放

单延龙^{1,*}, 王淑群², 曾超¹, 翟成刚¹, 张姣¹

(1. 北华大学林学院, 吉林省吉林市 132013; 2. 吉林市人力资源和社会保障局, 吉林省吉林市 132011)

摘要: 火是森林生态系统主要的干扰因子, 森林火灾的频繁发生不仅使森林生态系统遭到破坏, 同时也造成了含碳温室气体的大量释放。国际上对森林火灾释放温室气体的研究越来越多, 中国学者也对我国森林火灾释放的温室气体进行了研究。当前, 对森林火灾释放碳量的估算主要应用平均生物量数据, 而不是应用每次森林火灾实际燃烧的生物量, 另外对林型森林火灾碳释放的差异研究不够深入。根据每次森林火灾实际燃烧的生物量来研究吉林省主要林型森林火灾碳释放。根据吉林省 1969—2004 年的森林火灾统计数据, 计算出了吉林省主要林型森林火灾释放碳量。其中, 白桦林、阔叶混交林、针阔混交林、落叶松林、柞树林、杨树林和红松林森林火灾直接释放的碳量占 1969—2004 年吉林省森林火灾碳释放总量的 99.7%。白桦林、阔叶混交林、针阔混交林、落叶松林、柞树林、杨树林和红松林森林火灾年均释放的碳量分别为 6593.75—8791.66、5650.28—7533.71、3906.57—5208.76、2110.75—2814.33、1613.71—2151.61、295.49—393.98、234.37—312.50 t。用排放比法得出了吉林省主要林型森林火灾释放的 CO₂、CO、CH₄ 量。白桦林、阔叶混交林、针阔混交林、落叶松林、柞树林、杨树林和红松林森林火灾年均释放的 CO₂ 量分别为 21759.36—29012.48、18645.93—24861.24、12891.69—17188.92、6965.46—9287.29、5325.25—7100.33、975.11—1300.14、773.43—1031.24 t, 年均释放的 CO 量分别为 1583.09—2110.78、1356.57—1808.76、937.93—1250.57、506.77—675.69、387.43—516.58、70.94—94.59、56.27—75.03 t, 年均释放的 CH₄ 量分别为 534.71—712.94、458.20—610.93、316.80—422.39、171.17—228.22、130.86—174.48、23.96—31.95、19.01—25.34 t。通过时间系列分析, 白桦林自 1980 年以后、针阔混交林自 1984 年以后和红松林自 1983 年以后已经不是主要森林火灾碳释放林型。目前主要森林火灾碳释放林型为阔叶混交林、落叶松林、柞树林和杨树林, 特别是柞树林, 年均碳释放为 237.12—316.16 t。

关键词: 吉林省; 林型; 森林火灾; 碳量释放

Carbon emission from forest fires of main forest types in Jilin Province

SHAN Yanlong^{1,*}, WANG Shuqun², ZENG Chao¹, ZHAI Chenggang¹, ZHANG Jiao¹

1 College of Forestry, Beihua University, Jilin 132013, China

2 Bureau of Human Resources and Social Security of Jilin City, Jilin 132011, China

Abstract: Wildfires are one of the main disturbance factors in forest ecosystems. Frequently occurred fires not only damage the forest ecosystems, but also emitting large amount of green house gases to the atmosphere. There have been a lot of research on the emission of green house gases of forest fires in the world, and Chinese scholars also have done a lot of research on this subject. The main shortcoming of former research on estimating green house emission from fire is mainly based on average biomass of forest ecosystems, but not based on actual biomass consumed by each fire events. Further more, there are not enough studies on the variation of green house gases emission among different forest types. What new in this research is that we used actually biomass consumed by each forest fire events to estimate green house emission for all major forest types in Jilin Province. The carbon emission from forest fires of main forest types in Jilin Province is estimated based on historical fire records during 1969—2004. These types, which are *Betula alba* forest, mixed broad-leaved forest, coniferous broad-leaved forest, larch forest, mongolian oak forest, *Populus* forest and Korean Pine forest, accounted for

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2008BAD95B10); 国家自然科学基金资助项目(30900189); 吉林省科技发展计划资助项目(20070138); 吉林市科技发展计划资助项目(2006 杰出青年); 火灾科学国家重点实验室开放课题资助项目(HZ2009-KF02); 北华大学科研发展基金资助项目(2008092)

收稿日期: 2009-10-21; **修订日期:** 2010-01-24

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: shanyl@163.com

99.7 total emission of that time, and each emitted 6593.75 — 8791.66, 5650.28 — 7533.71, 3906.57 — 5208.76, 2110.75 — 2814.33, 1613.71 — 2151.61, 295.49 — 393.98 and 234.37 — 312.50 t of carbon each year, respectively. This carbon emission is further assigned to CO₂, CO and CH₄ based on release ratio method. These types, which are *Betula alba* forest, mixed broad-leaved forest, coniferous broad-leaved forest, larch forest, mongolian oak forest, *Populus* forest and Korean Pine forest, emitted 21759.36 — 29012.48, 18645.93 — 24861.24, 12891.69 — 17188.92, 6965.46 — 9287.29, 5325.25 — 7100.33, 975.11 — 1300.14 and 773.43 — 1031.24 t of CO₂ each year, respectively. Each emitted 1583.09 — 2110.78, 1356.57 — 1808.76, 937.93 — 1250.57, 506.77 — 675.69, 387.43 — 516.58, 70.94 — 94.59 and 56.27 — 75.03 t of CO each year, respectively. Each emitted 534.71 — 712.94, 458.20 — 610.93, 316.80 — 422.39, 171.17 — 228.22, 130.86 — 174.48, 23.96 — 31.95 and 19.01 — 25.34 t of CH₄ each year, respectively. Time serial analysis shows that 3 main types, *Betula alba* forest, coniferous broad-leaved forest, and Korean Pine forest stopped being main carbon sources in 1980, 1984, and 1983 respectively. Currently, main carbon emission forest types are mixed broad-leaved forest, larch forest, mongolian oak forest and *populus* forest. The mongolian oak forest is especially high carbon source with annual emission of 237.12 — 316.16 t.

Key Words: forest type; forest fire; carbon emission; Jilin Province

火是森林生态系统主要的干扰因子,森林火灾的频繁发生不仅使森林生态系统遭到破坏,同时也造成了含碳温室气体的大量释放^[1]。国际上对森林火灾释放温室气体的研究越来越多,特别是美国、加拿大和俄罗斯等国通过室内模拟试验和野外大气化学观测试验估算了森林火灾释放的温室气体^[2],中国学者也对我国森林火灾释放的温室气体进行了研究^[3-5]。当前,对森林火灾释放碳量的估算主要应用平均生物量数据,而不是应用每次森林火灾实际燃烧的生物量,另外对林型森林火灾碳释放的差异研究不够深入。根据每次森林火灾实际燃烧的生物量来研究吉林省主要林型森林火灾碳释放。

吉林省是全国重点林业省份之一,森林覆盖率为 43.2%,林木蓄积量为 8.8 亿 m³。该省高森林火险单位多、高森林火险的林分面积大。在全省 80 个县(林业企业局)中,一级森林火险单位有 41 个,占总数的 51%;二级森林火险单位有 19 个,占总数的 24%。高森林火险林分面积达 610 多万 hm²,占森林面积的 76%^[6]。因此,有必要研究吉林省主要林型由于森林火灾而直接排放的碳量,并分析不同森林类型森林火灾对大气中碳的贡献。

1 研究资料和方法

1.1 研究资料

研究所采用的基本资料是吉林省 1969—2004 年森林火灾资料,包括每次森林火灾起火时间、每次发生森林火灾的林型、每次森林火灾损失的乔木蓄积量和幼树株数。

1.2 估算方法

1.2.1 乔木地上损失生物量的估算

(1) 成熟林损失生物量的估算

吉林省森林火灾资料提供了林分损失的蓄积,却没有给出各森林类型的生物量信息。因此,为了推算某一森林类型总的生物量需要建立蓄积量与生物量之间的换算关系。文中采用的生物量计算方法为方精云 1996 年的蓄积量-生物量关系模型^[7]。

(2) 幼树生物量的估算

所谓幼树是指胸径未达到检尺径阶(5 cm),针叶树树高 30 cm、阔叶树高 100 cm 以上^[8]。吉林省森林火灾资料对于损失幼树只给出了损失幼树株数,因此文中的幼树蓄积量是根据吉林省一元立木材积表中的起测径阶(6 cm)所对应材积的 1/2 乘以燃烧面积上的损失株数获得的,再根据公式求出幼树生物量^[9]。

(3) 森林燃烧损失地上生物量的估算

根据 Seiler 和 Crutzen^[10] 提出的估算模型计算燃烧损失的地上生物量,见公式(1):

$$M = A \times B \times a \times b \quad (1)$$

式中, M 是生态系统燃烧消耗的生物量; A 是燃烧的面积或火灾面积; B 是平均生物量; a 是地上部分生物量占总生物量的比例; b 是生物量燃烧效率。吉林省森林火灾资料提供了每次燃烧面积上的立木蓄积,根据方精云蓄积量-生物量模型公式可以得到燃烧面积上的乔木总生物量。然后按照公式(1),只要用乔木总生物量乘以地上部分生物量占总生物量的比例(a),再乘以燃烧效率(b)就得到损失的乔木地上生物量。文中所用吉林省森林的燃烧效率为温带森林和北方森林 0.09—0.12 估计范围的燃烧效率^[11]。

1.2.2 森林火灾碳释放的估算

根据植物的含碳量,假设所有被烧掉的生物质中的碳都变成气体,可以计算燃烧造成的碳损失^[9]。根据森林生物量中含碳 45% 来估算森林火灾造成的碳损失的^[4]。

1.2.3 森林火灾含碳气体释放的估算

采用排放比法对吉林省森林火灾释放的含碳气体量进行估算。多数情况下,森林火灾所释放的总碳量中,以 CO_2 形式排出的占 90%^[12]。因而,可以直接估算森林火灾释放的 CO_2 量。最后,根据森林火灾释放的某种含碳气体量与 CO_2 释放量的比值(排放比)来计算森林火灾中各种含碳气体的释放量^[9]。由王效科对吉林省单位森林火灾受害面积乔木层、下木层、枯落物释放 CO_2 、 CO 、 CH_4 的量^[13],估算出下木层与乔木层释放 CO_2 的比率为 2.27/9.14,释放 CO 的比率为 0.35/0.92,释放 CH_4 的比率为 0.04/0.11;枯落物和乔木层释放 CO_2 的比率为 4.97/9.14,释放 CO 的比率为 0.73/0.92,释放 CH_4 的比率为 0.05/0.11。进而推算出整个森林生态系统 CO_2 、 CO 和 CH_4 的释放量。

2 结果与分析

2.1 主要林型森林火灾的碳和含碳气体释放

从表 1 可以看出,释放碳量由大到小的顺序为白桦林、阔叶混交林、针阔混交林、落叶松林、柞树林、杨树

表 1 1969—2004 年期间吉林省主要林型森林火灾直接释放的碳和含碳气体量/t

Table 1 C, CO_2 , CO and CH_4 emissions by forest fires of main forest types in Jilin Province from 1969 to 2004

林型 Forest type	C	CO_2	CO	CH_4
柏树林 Cypress forest	162.46—216.61	536.10—714.80	39.01—52.00	13.18—17.57
臭松林 Fir forest	17.19—22.92	56.73—75.65	4.13—5.50	1.40—1.86
椴树林 Tilia forest	186.76—249.00	616.30—821.73	44.85—59.79	15.14—20.20
红松林 Korean Pine forest	8437.42—11249.90	27843.54—37124.70	2025.71—2701.00	684.22—912.31
胡桃楸林 Manchurian walnut forest	33.56—44.76	110.77—147.71	8.06—10.75	2.72—3.64
白桦林 <i>Betula alba</i> forest	237374.86—316499.82	783337.02—1044449.36	56991.16—75988.19	19249.46—25665.95
黄菠萝林 Cork tree forest	1.06—1.43	3.52—4.70	0.26—0.34	0.08—0.12
阔叶混交林 Mixed broad-leaved forest	203410.15—271213.54	671253.50—895004.63	48836.58—65115.44	16495.15—21993.55
落叶松林 Larch forest	75986.88—101315.87	250756.72—334342.30	18243.62—24324.84	6162.00—8216.04
水曲柳林 Manchurian ash forest	38.26—51.01	126.28—168.37	9.19—12.24	3.10—4.14
杨树林 <i>Populus</i> forest	10637.53—14183.37	35103.86—46805.16	2553.96—3405.29	862.65—1150.16
榆树林 Elm forest	211.60—282.13	698.27—931.04	50.79—67.74	17.15—22.87
云杉林 Spruce forest	14.18—18.91	46.79—62.39	3.41—4.54	1.15—1.53
樟子松林 Mogolian Scotch Pine forest	882.56—1176.75	2912.45—3883.27	211.92—282.51	71.59—95.44
针阔混交林 Coniferous broad-leaved forest	140636.59—187515.47	464100.73—618800.99	33765.33—45020.43	11404.63—15206.20
针叶混交林 Mixed coniferous forest	706.51—942.02	2331.51—3108.67	169.62—226.17	57.29—76.40
柞树林 Mongolian oak forest	58093.61—77458.13	191708.86—255611.79	13947.64—18596.87	4711.01—6281.31
总和 Total	736831.18—982441.64	2431542.95—3242057.26	176905.24—235873.64	59751.92—79669.29

林、红松林、樟子松林、针叶混交林、榆树林、椴树林、柏树林、水曲柳林、胡桃楸林、臭松林、云杉林、黄菠萝林。其中,白桦林、阔叶混交林、针阔混交林、落叶松林、柞树林、杨树林和红松林森林火灾直接释放的碳量占 1969—2004 年吉林省森林火灾碳释放总量的 99.7%。这说明只研究白桦林、阔叶混交林、针阔混交林、落叶松林、柞树林、杨树林和红松林森林火灾碳释放,就足以代表整个吉林省所有林型森林火灾碳释放。其中,白桦林森林火灾直接释放的碳量占吉林省森林火灾碳释放总量的 32.22%,其次为阔叶混交林和针阔混交林,分别占 27.61% 和 19.09%。

白桦林、阔叶混交林、针阔混交林、落叶松林、柞树林、杨树林和红松林森林火灾年均释放的碳量分别为 6593.75—8791.66、5650.28—7533.71、3906.57—5208.76、2110.75—2814.33、1613.71—2151.61、295.49—393.98、234.37—312.50 t,年均释放的 CO₂ 量分别为 21759.36—29012.48、18645.93—24861.24、12891.69—17188.92、6965.46—9287.29、5325.25—7100.33、975.11—1300.14、773.43—1031.24 t,年均释放的 CO 量分别为 1583.09—2110.78、1356.57—1808.76、937.93—1250.57、506.77—675.69、387.43—516.58、70.94—94.59、56.27—75.03 t,年均释放的 CH₄ 量分别为 534.71—712.94、458.20—610.93、316.80—422.39、171.17—228.22、130.86—174.48、23.96—31.95、19.01—25.34 t。

2.2 主要林型森林火灾碳释放的年际变化

通过分析表 2 中主要林型森林火灾释放碳量的年变化来比较他们之间的差异。

从表 2 中可以看出,白桦林森林火灾碳释放在 1980 年有个分界点,1969—1979 年碳释放较多,年均均为 21578.04—28770.72 t,1980—2004 年碳释放较少,年均仅为 0.66—0.87 t,这说明虽然白桦林森林火灾直接释放的碳量占吉林省森林火灾碳释放总量的 32.22%,但 1980 年以后白桦林已经不是主要碳释放林型,其中白桦林 1977 年碳释放占总量的 77.34%。

表 2 1969—2004 年期间吉林省主要林型森林火灾直接释放的碳量/t

Table 2 C emission by forest fires of main forest types in Jilin Province from 1969 to 2004

年份 Year	白桦林 <i>Betula alba</i> forest	阔叶混交林 Mixed broad-leaved forest	针阔混交林 Coniferous broad-leaved forest
1969	1.44—1.92	7906.87—10542.49	2.35—3.14
1970	1144.92—1526.56	1759.78—2346.37	3461.87—4615.83
1971	0.00—0.00	960.56—1280.75	390.66—520.88
1972	1.85—2.47	137.96—183.95	0.00—0.00
1973	1593.19—2124.25	239.71—319.62	4.58—6.10
1974	237.94—317.26	1060.81—1414.41	9.53—12.71
1975	0.00—0.00	11271.48—15028.64	108.18—144.24
1976	8584.49—11445.98	2541.84—3389.12	7.85—10.47
1977	183578.56—244771.42	106974.91—142633.22	119574.95—159433.26
1978	42130.20—56173.60	23524.87—31366.49	16433.38—21911.17
1979	85.87—114.50	43667.54—58223.39	392.12—522.83
1980	8.69—11.58	1434.26—1912.35	22.16—29.55
1981	0.00—0.00	1042.93—1390.58	34.15—45.54
1982	5.90—7.87	227.34—303.12	142.69—190.25
1983	0.55—0.73	70.35—93.80	26.76—35.68
1984	0.10—0.13	8.39—11.19	1.42—1.89
1985	0.15—0.20	7.61—10.14	1.17—1.56
1986	0.48—0.64	0.60—0.80	1.10—1.47
1987	0.00—0.00	23.92—31.89	1.76—2.35
1988	0.00—0.00	8.65—11.53	0.00—0.00
1989	0.00—0.00	0.52—0.70	0.00—0.00

续表

年份 Year	白桦林 <i>Betula alba</i> forest	阔叶混交林 Mixed broad-leaved forest	针阔混交林 Coniferous broad-leaved forest
1990	0.00—0.00	6.21—8.28	0.00—0.00
1991	0.00—0.00	6.79—9.06	0.00—0.00
1992	0.00—0.00	53.17—70.89	0.00—0.00
1993	0.00—0.00	2.89—3.86	0.00—0.00
1994	0.00—0.00	0.00—0.00	0.00—0.00
1995	0.00—0.00	105.87—141.15	0.00—0.00
1996	0.00—0.00	0.00—0.00	0.00—0.00
1997	0.00—0.00	0.69—0.92	13.01—17.34
1998	0.00—0.00	6.12—8.16	0.00—0.00
1999	0.00—0.00	1.18—1.57	1.82—2.43
2000	0.00—0.00	0.49—0.65	0.00—0.00
2001	0.00—0.00	6.01—8.01	0.94—1.25
2002	0.00—0.00	6.54—8.72	0.00—0.00
2003	0.00—0.00	0.48—0.64	0.75—1.01
2004	0.53—0.71	342.81—457.08	3.39—4.52
总和 Total	237374.86—316499.82	203410.15—271213.54	140636.59—187515.47

年份 Year	落叶松林 Larch forest	柞树林 Mongolian oak forest	杨树林 <i>Populus</i> forest	红松林 Korean Pine forest
1969	14.16—18.89	105.64—140.85	5.51—7.35	7.90—10.53
1970	79.23—105.63	1916.89—2555.86	9.03—12.04	277.23—369.64
1971	37.23—49.64	5144.37—6859.17	0.00—0.00	4.51—6.01
1972	41.22—54.96	303.63—404.84	48.25—64.33	8.43—11.24
1973	700.38—933.84	1225.59—1634.12	13.34—17.78	4.67—6.23
1974	5752.62—7670.16	594.33—792.44	30.28—40.37	50.73—67.64
1975	82.54—110.06	4513.91—6018.55	285.42—380.56	9.46—12.61
1976	963.98—1285.30	2928.72—3904.96	0.00—0.00	1.47—1.96
1977	3564.90—4753.20	17876.23—23834.97	862.59—1150.12	7673.57—10231.43
1978	4460.62—5947.50	14041.39—18721.85	9088.37—12117.83	153.48—204.65
1979	917.31—1223.08	2404.70—3206.27	73.92—98.56	154.53—206.04
1980	428.33—571.11	1403.16—1870.88	53.88—71.84	50.59—67.45
1981	135.74—180.99	558.01—744.01	15.95—21.27	6.48—8.64
1982	222.99—297.32	1622.17—2162.89	5.33—7.11	13.46—17.95
1983	58150.93—77534.58	935.45—1247.27	21.17—28.22	4.38—5.84
1984	296.61—395.49	131.27—175.02	4.21—5.61	4.34—5.79
1985	12.39—16.52	7.58—10.10	0.50—0.66	0.00—0.00
1986	0.00—0.00	0.00—0.00	2.46—3.29	0.00—0.00
1987	0.00—0.00	0.69—0.92	6.99—9.32	3.75—5.00
1988	3.32—4.43	0.86—1.15	0.00—0.00	0.00—0.00
1989	3.43—4.57	3.59—4.79	0.00—0.00	2.84—3.79
1990	3.92—5.23	1.34—1.79	0.00—0.00	0.00—0.00
1991	2.92—3.89	1.01—1.34	0.00—0.00	0.00—0.00
1992	8.35—11.13	0.87—1.15	0.00—0.00	0.00—0.00
1993	3.76—5.01	0.48—0.64	0.00—0.00	0.00—0.00
1994	0.00—0.00	0.52—0.69	1.05—1.41	0.00—0.00
1995	53.46—71.29	274.60—366.13	0.00—0.00	0.00—0.00
1996	3.50—4.66	40.76—54.35	25.27—33.69	0.00—0.00
1997	3.51—4.67	1041.50—1388.67	36.21—48.28	2.80—3.73
1998	6.40—8.54	47.35—63.13	23.51—31.35	2.80—3.73
1999	0.00—0.00	41.38—55.17	0.00—0.00	0.00—0.00
2000	6.66—8.88	0.97—1.29	11.69—15.59	0.00—0.00
2001	0.00—0.00	627.89—837.19	8.35—11.13	0.00—0.00
2002	2.88—3.84	163.80—218.39	0.49—0.65	0.00—0.00
2003	4.67—6.23	17.38—23.18	2.54—3.39	0.00—0.00
2004	18.92—25.23	115.58—154.11	1.22—1.62	0.00—0.00
总和 Total	75986.88—101315.87	58093.61—77458.13	10637.53—14183.37	8437.42—11249.90

阔叶混交林在 1983 年有个分界点,1969—1982 年碳释放较多,年均均为 14482.20—19309.61 t,其中阔叶混交林 1977 年碳释放占总量的 52.59%,1983—2004 年碳释放较少,年均均为 29.97—39.96 t,其中 1995 年和 2004 年稍多一些,分别为 105.87—141.15 和 342.81—457.08 t。

针阔混交林在 1984 年有个分界点,1969—1983 年碳释放较多,年均均为 9374.08—12498.78 t,其中针阔混交林 1977 年碳释放占总量的 85.02%,1984—2004 年碳释放较少,年均均为 1.21—1.61 t,这说明自 1984 年以后针阔混交林已经不是主要碳释放林型。

落叶松林在 1985 年有个分界点,1969—1984 年碳释放较多,年均均为 4740.55—6320.73 t,其中落叶松林 1983 年碳释放占总量的 76.53%,1985—2004 年碳释放较少,年均均为 6.90—9.21 t。

柞树林有 2 个分界点分别在 1985 年和 1995 年,1969—1984 年碳释放较多,年均均为 3481.59—4642.12 t,其中柞树林 1977 年碳释放占总量的 30.77%,1985—1994 年碳释放较少,年均均为 1.69—2.26 t,1995—2004 年碳释放又有所增加,年均均为 237.12—316.16 t,因此柞树林又成为主要碳释放林型。

杨树林也有 2 个分界点分别在 1984 年和 1996 年,1969—1983 年碳释放较多,年均均为 700.87—934.49 t,其中杨树林 1978 年碳释放占总量的 85.44%,1984—1995 年碳释放较少,年均均为 1.27—1.69 t,1996—2004 年碳释放又有所增加,年均均为 12.14—16.19 t,因此杨树林又成为主要碳释放林型。

红松林在 1983 年有个分界点,1969—1982 年碳释放较多,年均均为 601.18—801.57 t,其中红松林 1977 年碳释放占总量的 90.95%,1983—2004 年碳释放较少,年均均为 0.95—1.27 t,这说明自 1983 年以后红松林已经不是主要碳释放林型。

3 结论和讨论

释放碳量由大到小的顺序为白桦林、阔叶混交林、针阔混交林、落叶松林、柞树林、杨树林、红松林、樟子松林、针叶混交林、榆树林、椴树林、柏树林、水曲柳林、胡桃楸林、臭松林、云杉林、黄菠萝林。其中,白桦林、阔叶混交林、针阔混交林、落叶松林、柞树林、杨树林和红松林森林火灾直接释放的碳量占 1969—2004 年吉林省森林火灾碳释放总量的 99.7%。这说明只研究白桦林、阔叶混交林、针阔混交林、落叶松林、柞树林、杨树林和红松林森林火灾碳释放,就足以代表整个吉林省所有林型森林火灾碳释放。

白桦林自 1980 年以后、针阔混交林自 1984 年以后和红松林自 1983 年以后已经不是主要碳释放林型。阔叶混交林 1983—2004 年碳释放比较多,年均均为 29.97—39.96 t,其中 1995 年和 2004 年很多,分别为 105.87—141.15 和 342.81—457.08 t;落叶松林 1985—2004 年年均碳释放为 6.90—9.21 t;柞树林 1995—2004 年碳释放很多,年均均为 237.12—316.16 t;杨树林 1996—2004 年年均碳释放为 12.14—16.19 t。目前主要碳释放林型为阔叶混交林、落叶松林、柞树林和杨树林,特别是柞树林。因此,在现有的林火管理策略上,应该更加注重阔叶混交林、落叶松林、柞树林和杨树林的防火,特别是柞树林。

References:

- [1] Yin L, Tian X R, Kang L, Wang H. Research development of carbon emissions from forest fires. *World Forestry Research*, 2009, 22(3): 46-51.
- [2] Goldammer J G, Crutzen P J. *Fire in the Environment: the Ecological, Atmospheric and Climatic Importance of Vegetation Fires*. New York: John Wiley & Sons, 1993.
- [3] Wang X K, Zhuang Y H, Feng Z W. Estimation of carbon-containing gases released from forest fire. *Advances in Environmental Science*, 1998, 6(4): 1-15.
- [4] Tian X R, Shu L F, Wang M Y. Direct carbon emissions from chinese forest fires, 1991—2000. *Fire Safety Science*, 2003, 12(1): 6-10.
- [5] Jiao Y, Hu H Q. Estimation of carbon emission from forest fires in Heilongjiang Province during 1980—1999. *Scientia Silvae Sinicae*, 2005, 41(6): 109-113.
- [6] Ma F, Zhou J L, Bao J Y, Zhang Z H. Report on the workgroup of state forestry administration checking for forest fire prevention work in Jilin Province and Heilongjiang Province. *Forest Fire Prevention*, 2007, (2): 1-3.
- [7] Fang J N, Liu G H, Xun S L. Biomass and net production of forest vegetation in China. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 16(5): 497-508.
- [8] Lai B H. Study on forest fire loss assessment. Fuzhou: College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, 2003.

- [9] Shan Y L, Zhang J, Du J H. Time variation of carbon emission from forest fires in Jilin Province. *Journal of Northeast Forestry University*, 2009, 37(5): 20-23.
- [10] Seiler W, Crutzen P J. Estimates of gross and net fluxes of carbon between the biosphere and the atmosphere from biomass burning. *Climatic Change*, 1980, 2(3): 207-248.
- [11] Aulair A N D, Carter T B. Forest wildfires as a recent source of CO₂ at northern latitudes. *Canadian Journal of Forest Research*, 1993, 23: 1528-1536.
- [12] Crutzen P J, Andreae M O. Biomass burning in the tropics: impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. *Science*, 1990, 250(4988): 1669-1678.
- [13] Wang X K. The Biomass, Carbon Pool of Forest Ecosystems and Carbon-containing Gas Emission from Biomass Burning in China. Beijing: Research Center for Eco-environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, 1996.

参考文献:

- [1] 殷丽, 田晓瑞, 康磊, 王浩. 林火碳排放研究进展. *世界林业研究*, 2009, 22(3): 46-51.
- [3] 王效科, 庄亚辉, 冯宗炜. 森林火灾释放的含碳温室气体量的估计. *环境科学进展*, 1998, 6(4): 1-15.
- [4] 田晓瑞, 舒立福, 王明玉. 1991—2000 年中国森林火灾直接释放碳量估算. *火灾科学*, 2003, 12(1): 6-10.
- [5] 焦燕, 胡海清. 黑龙江省 1980—1999 年森林火灾释放碳量的估算. *林业科学*, 2005, 41(6): 109-113.
- [6] 马福, 周俊亮, 保家有, 张子辉. 国家林业局工作组赴吉林、黑龙江检查森林防火工作情况的报告. *森林防火*, 2007, (2): 1-3.
- [7] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 我国森林植被的生物量和净生产量. *生态学报*, 1996, 16(5): 497-508.
- [8] 赖斌慧. 森林火灾损失评估的研究. 福州: 福建农林大学林学院, 2003.
- [9] 单延龙, 张姣, 杜建华. 吉林省森林火灾释放碳量的时间变化规律. *东北林业大学学报*, 2009, 37(5): 20-23.
- [13] 王效科. 中国森林生态系统的生物量、碳储量和生物质燃烧释放的含碳气体. 北京: 中国科学院生态环境研究中心, 1996.