

网络出版时间:2012-09-25 10:05

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120925.1005.009.html>

甘肃小陇山林业病虫害灾害气象评估技术研究

姚晓红^{1,2}, 许彦平², 袁佰顺³, 韩兰英⁴, 姚晓琳³, 韩海辉⁵

(1 中国气象局 兰州干旱研究所/甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室/中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃 兰州 730020; 2 甘肃省天水农业气象试验站, 甘肃 天水 741000; 3 甘肃省天水市气象局, 甘肃 天水 741000; 4 西北区域气候中心, 甘肃 兰州 730020; 5 甘肃省岷县气象局, 甘肃 岷县 748400)

【摘要】 **【目的】**研究环境气象条件与甘肃小陇山林区林业病虫害灾害发生面积的关系。**【方法】**采用异常度指标分析法,建立森林病害、虫害、病虫害发生面积气象因子评估模型,并用该模型对 1992—2007 年甘肃小陇山林区年林业病虫害发生面积进行综合评估。**【结果】**成功建立了林业病害、虫害、病虫害发生面积气象评估模型,该模型对林业病害评估的准确率为 80%~100%,对林业虫害评估的准确率为 75%~100%,对林业病虫害灾害综合评估的准确率为 67%~100%。**【结论】**所建模型对林业病虫害灾害评估效果较理想,对林业病虫害灾害防控有一定的指导意义。

【关键词】 小陇山;森林;病虫害灾害;气象条件;评估技术

【中图分类号】 S165⁺.28;S431.18

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2012)10-0064-05

Study of meteorological assessment techniques of forest diseases and pests in Xiaolong mountain

YAO Xiao-hong^{1,2}, XU Yan-ping², YUAN Bai-shun³, HAN Lan-ying⁴,
YAO Xiao-lin³, HAN Hai-hui⁵

(1 Lanzhou Institute of Arid Meteorology, Key Open Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster, China Meteorological Administration, Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou, Gansu 730020, China; 2 Tianshui Agrometeorological Experiment Station, Tianshui, Gansu 741000, China; 3 Gansu Province Tianshui Meteorological Bureau, Tianshui, Gansu 741000, China; 4 Northwest Regional Climate Center, Lanzhou, Gansu 730020, China; 5 Gansu Province Mingxian Meteorological Bureau, Mingxian, Gansu 748400, China)

Abstract: **【Objective】** The research was to study environment meteorological conditions and the area of Xiaolong Mountain forest zone pest disasters. **【Method】** Using abnormal index analysis, the model for forest diseases, insect pest in area and meteorological factors's abnormal on the level and evaluation was established, and then comprehensive assessment on Xiaolong Mountain forest zone pest disasters area from 1992 to 2007 was made. **【Result】** The accuracy rate of forest disease assessment is 80%—100%, forestry pest assessment 75%—100%, forest diseases, insect disasters comprehensive assessment of 67%—100%. **【Conclusion】** The model has better assessment effect and could guide control of forest diseases and pests.

Key words: Xiaolong mountain; forest; diseases and pests disasters; meteorological condition; assessment techniques

森林病虫害灾害是主要的森林生物灾害之一,我国 年均各类森林生物灾害发生面积约 800 万 hm^2 , 占全

〔收稿日期〕 2012-02-24

〔基金项目〕 科技部公益性行业(气象)科研专项(GYHY 200806021);甘肃省气象局气象科研面上项目(2011-15)

〔作者简介〕 姚晓红(1966—),女,河南清丰县人,高级工程师,主要从事应用气象研究。E-mail: yaoxiaohong1@163.com

国森林总面积的 5%^[1],经济、生态损失极大。甘肃小陇山林区地处黄土高原与西秦岭山地干旱半干旱大陆性气候区,是温带向亚热带的过渡地带,该林区地形复杂,海拔 850~5 000 m,年均气温 7.0~11.1 °C,年降水量 430~600 mm,年平均日照时数 2 000~2 400 h,无霜期 156~188 d;年均各类病虫害发生面积 221.7 km²,占林地总面积的 6%。对森林病虫害进行科学评价和量化估算,是森林病虫害预防工作的关键,因此森林病虫害预测技术研究已引起众多学者的高度关注^[2-4]。但根据病虫害发生发展的环境气象条件,对森林病虫害危害面积进行评估研究的报道目前并不多见。为此,本研究以小陇山林区为研究对象,利用异常度指标分析法^[5]对林业病虫害发生面积的气象评估技术进行了探讨,以期对林业病虫害的评估提供参考。

1 资料来源、处理及评价方法

1.1 资料来源

根据甘肃省气候区划,选取小陇山林区的麦积区、徽县和漳县为代表点。研究区 1992—2007 年林业病虫害危害面积、林地总面积资料来自小陇山林业志;气象资料来自相应代表点气象站的气象观测资料。

1.2 资料处理及气象影响因子的确定

甘肃小陇山林区林业病害和虫害主要以松落叶病、落叶松早落病和甘肃鼯鼠、葡萄长须卷蛾、落叶松球蚜虫害为主。林业病虫害危害面积用主要林业病虫害危害面积、危害总面积占林地总面积的百分比表示。气象资料的处理:在对光(日照时数)、温(平均气温、平均最高气温、平均最低气温)、水(降水量、大气相对湿度)等气象单因子统计的基础上,分别构建了温度与大气相对湿度的积及比、降水量与温度的积及比、日照时数和温度之积与大气相对湿度的比、温度和大气相对湿度之积与日照时数的比、降水量与日照时数和温度之积的比、降水量和温度之积与日照时数的比等综合气候因子。将主要林业病虫害危害面积、危害总面积占林地总面积的百分比与各综合气候因子进行逐步回归分析,以确定影响甘肃小陇山森林病虫害的主要林业气象因子^[6]。

1.3 林业病虫害发生面积主要影响因子的等级划分

气候与森林病虫害的发生发展有密切的相关

性,气候变化不仅会影响森林病虫害的发生面积和发生范围,也会影响森林病虫害的危害程度^[6-7]。因此,在一定区域和时期内,可采用异常度分析法计算森林病虫害发生面积各主要气象影响因子的异常度,并根据其离散程度由小到大分为 4 级^[8],采用分级赋值和内插法依次赋以 1~4、5~8、9~12、13~16 的分值,分别表示小面积发生、中等面积发生、中大面积发生和大面积发生。异常度计算公式为:

$$C_{jk} = (Y_{jki} - Y_{jkp}) / \sigma_{jk}, \quad (1)$$

$$Y_{jkp} = 1/n \sum_{jki=1,1,1}^{3,9,16} Y_{jki}, \quad (2)$$

$$\sigma_{jk}^2 = 1/(n-1) \sum_{jki=1,1,1}^{3,9,16} (Y_{jki} - Y_{jkp})^2. \quad (3)$$

式中: C_{jk} 表示林业病害、虫害及病虫害面积主要气象影响因子的异常度($j=1,2,3$,分别代表林业病害、虫害和病虫害; $k=1,2,3,\dots,9$ 个因子,代表 9 个主要气象影响因子(见表 1)), Y_{jki} 为某年度林业病虫害面积(i 表示年份,取值 1~16), Y_{jkp} 为相应林业病害、虫害及病虫害总面积主要气象影响因子的平均值, σ_{jk} 为林业病、虫害面积和病虫害总面积主要气象影响因子的标准差。

1.4 灾情评价方法

将影响森林病害、虫害发生面积及病虫害发生总面积的主要气象影响因子贡献率作为相应气象因子的影响权重(w_{jk}),计算森林病害、虫害发生面积及病虫害发生总面积的灾情指数 P_j ^[9-12]。以此作为病、虫及病虫害综合灾害危害评估指标与相应灾害的实况分级,以进行对比评估。灾情指数 P_j 越大,表明相应的气象因子对林业病害、虫害及病虫害总面积的影响越大,灾情越重。 P_j 计算公式为:

$$P_j = \sum_{jki=1,1,1}^{3,9,16} C_{jki} \times w_{jk}. \quad (4)$$

式中: C_{jki} 为不同年份各灾害气象影响因子的异常度值(i 表示 1992—2007 年各年份, $i=1,2,3,\dots,16$)。

2 林业病害、虫害及病虫害综合评价

2.1 影响甘肃小陇山森林病虫害总面积的主要气象因子

经回归分析,小陇山林业病害、虫害危害面积与各气象因子的统计模型及林业病虫害危害总面积与各气象因子的统计模型如下:

$$Y1 = 0.857 + 0.106(Tn \times U)_{\text{漳县7月下旬}} - 0.067(R/Tn)_{\text{徽县2月下旬}} + 0.027(T \times Q)_{\text{麦积2月上旬}} + 0.046T_{\text{麦积4月下旬}}, \quad (5)$$

$$n=16, R=0.906, F=12.601 > F_{0.01}=7.64, \text{效果显著。}$$

$$Y2=2.25+0.15Tn_{\text{麦积3月下旬}}+0.074(T\times Q)_{\text{麦积6月下旬}}+0.092(T\times Q)_{\text{徽县1月中旬}}-0.062U_{\text{徽县4月上旬}},$$
$$n=16,R=0.967,F=39.275>F_{0.01}=7.64,\text{效果显著。}$$

(6)

$$Y3=3.195+0.138Tn_{\text{麦积3月下旬}}+0.114(T\times R/Q)_{\text{麦积5月下旬}}+0.105(Tn\times U)_{\text{漳县7月下旬}},$$
$$n=16,R=0.935,F=28.002>F_{0.01}=7.64,\text{效果显著。}$$

(7)

式中:Y1、Y2、Y3 分别表示林业病害危害面积、林业虫害危害面积及林业病虫害危害总面积占林地总面积的百分比; $(Tn\times U)_{\text{漳县7月下旬}}$ 表示漳县 7 月下旬平均最低气温与大气相对湿度之积; $(R/Tn)_{\text{徽县2月下旬}}$ 表示徽县 2 月下旬降水量与平均最低气温之比; $(T\times Q)_{\text{麦积2月上旬}}$ 表示麦积 2 月上旬平均温度与日照时数之积; $T_{M\text{麦积4月下旬}}$ 表示麦积 4 月下旬平均最高气温; $Tn_{\text{麦积3月下旬}}$ 表示麦积 3 月下旬平均最低气温; $(T\times Q)_{\text{麦积6月下旬}}$ 表示麦积 6 月下旬平均温度与日照时数之积; $(T\times Q)_{\text{徽县1月中旬}}$ 表示徽县 1 月中旬平均温度与日照时数之积; $U_{\text{徽县4月上旬}}$ 表示徽县 4 月上旬大气相对湿度; $(T\times R/Q)_{\text{麦积5月下旬}}$ 表示麦积 5 月下旬平均温度、降水量之积与日照时数之比。

由式(5)、(6)、(7)可得:① 影响试区林业病害的各主要气象因子的权重为:漳县 7 月下旬平均最低气温与大气相对湿度之积权重 $w_{11}=94.6$,徽县 2 月下旬降水量与平均最低气温之比权重 $w_{12}=-59.8$,麦积 2 月上旬平均气温与日照时数之积权

重 $w_{13}=24.1$,麦积 4 月下旬平均最高气温权重 $w_{14}=41.1$ 。② 影响林业虫害的各主要气象因子的权重为:麦积 3 月下旬平均最低气温权重 $w_{21}=59.1$,麦积 6 月下旬平均气温与日照时数之积权重 $w_{22}=29.1$,徽县 1 月中旬平均气温与日照时数之积权重 $w_{23}=36.2$,徽县 4 月上旬大气相对湿度权重 $w_{24}=-24.4$ 。③ 影响林业病虫害总面积的各主要气象因子的权重为:麦积 3 月下旬平均最低气温权重 $w_{31}=38.7$,麦积 5 月下旬平均气温、降水量之积与日照时数之比权重 $w_{32}=31.9$,漳县 7 月下旬平均最低气温与大气相对湿度之积权重 $w_{33}=29.4$ 。

2.2 甘肃小陇山森林病、虫害及病虫灾害总面积主要气象影响因子的异常度等级及其分值

由(1)式计算得到 1992—2007 年甘肃小陇山林业病害、虫害危害面积及病虫危害总面积主要气象影响因子的异常度,并将异常度按其离散程度进行小面积、中等面积、中大面积和大面积发生 4 级进行划分和赋值,详见表 1。

表 1 1992—2007 年甘肃小陇山林业病、虫灾害主要气象影响因子的等级及其分值

Table 1 Main meteorological factors of forestry disease,insect disaster's standard and score table

主要气象因子 Meteorological factor	小面积 Small area	中等面积 Medium-sized	中大面积 Large area	大面积 A Large area
$(Tn\times U)_{\text{漳县7月下旬}}$	$C\leqslant-1.0$	$-0.9\leqslant C\leqslant 0.0$	$0.1\leqslant C\leqslant 1.0$	$C\geqslant 1.1$
$(R/Tn)_{\text{徽县2月下旬}}$	$C\leqslant-1.4$	$-1.3\leqslant C\leqslant -0.3$	$-0.2\leqslant C\leqslant 0.8$	$C\geqslant 0.9$
$(T\times Q)_{\text{麦积2月上旬}}$	$C\leqslant-0.9$	$-0.8\leqslant C\leqslant 0.1$	$0.2\leqslant C\leqslant 1.1$	$C\geqslant 1.2$
$T_{M\text{麦积4月下旬}}$	$C\leqslant-1.4$	$-1.3\leqslant C\leqslant -0.4$	$-0.3\leqslant C\leqslant 0.5$	$C\geqslant 0.6$
$Tn_{\text{麦积3月下旬}}$	$C\leqslant-0.9$	$-0.8\leqslant C\leqslant 0.0$	$0.1\leqslant C\leqslant 0.9$	$C\geqslant 1.0$
$(T\times Q)_{\text{麦积6月下旬}}$	$C\leqslant-0.8$	$-0.7\leqslant C\leqslant 0.0$	$0.1\leqslant C\leqslant 0.8$	$C\geqslant 0.9$
$(T\times Q)_{\text{徽县1月中旬}}$	$C\leqslant-0.2$	$-0.1\leqslant C\leqslant 0.6$	$0.7\leqslant C\leqslant 1.4$	$C\geqslant 1.5$
$U_{\text{徽县4月上旬}}$	$C\leqslant-0.9$	$-0.8\leqslant C\leqslant -0.1$	$0.0\leqslant C\leqslant 0.7$	$C\geqslant 0.8$
$(T\times R/Q)_{\text{麦积5月下旬}}$	$C\leqslant-0.3$	$-0.2\leqslant C\leqslant 0.6$	$0.7\leqslant C\leqslant 1.5$	$C\geqslant 1.6$
灾害等级 Disaster grade	1	2	3	4
赋值范围 Assignment range	1~4	5~8	9~12	13~16

注:“C”表示异常度。
Note:“C”is abnormal index.

2.3 甘肃小陇山森林病虫灾害的综合评价

将表 1 主要气象影响因子异常度赋值和各因子影响权重值代入(4)式,计算得出甘肃小陇山各年森林病、虫害危害面积及病虫害危害总面积的灾情指数 P_j 。再将各年各灾害面积的灾情指数 P_j 和相应的实际灾情指数 p_j (计算方法同 P_j)均按其离散程

度划分成小面积、中等面积、中大面积和大面积发生 4 级,分级标准见表 2,各年各类灾害面积的灾情指数 P_j 和相应的实际灾情指数 p_j 等级划分结果见表 3。由表 3 可知,1992—2007 年甘肃小陇山林区主要病害大、中大、中和小面积发生的年份分别有 5,6,3,2 年,评估准确的年份依次为 4,5,3,2 年,评估

准确率分别为 80%,83%,100%和 100%;主要虫害大、中大、中和小面积发生的年份分别有 5,4,4,3 年,评估准确的年份依次为 4,3,4,3 年,评估准确率分别为 80%,75%,100%和 100%;病虫害综合灾害大、中大、中和小面积发生的年份分别有 3,2,5,6 年,评估准确的年份依次为 2,2,5,5 年,评估准确率分别为 67%,100%,100%和 83%。评估效果表明,

该法对林业病害的评估效果最好,评估准确率≥80%,其中对中等和小面积的评估准确率均达 100%;对林业虫害的评估效果次之,评估准确率≥75%,其中对中等和小面积的评估准确率均达 100%;对林业病虫害灾害综合评估的准确率≥67%,其中以对中大和中等面积的评估准确率最高,均为 100%。

表 2 甘肃小陇山森林病、虫害面积及病虫害总面积灾情指数的划分

Table 2 Forestry diseases and pests disaster the total area of disaster index division						
病虫害等级 Pest and disease rating	病害灾情 指数 P_1 Disease index	实际病害灾情 指数 p_1 Disease live	虫害灾情 指数 P_2 Pest index	实际虫害灾情 指数 p_2 Pest live	病虫害灾情 指数 P_3 Pest and disease index	实际病虫害灾情 指数 p_3 Pest and diseas live
小面积 Small area	$P_1 \leq 4.7$	$p_1 \leq -1.3$	$P_2 \leq 4.5$	$p_2 \leq -1.1$	$P_3 \leq 4.8$	$p_3 \leq -0.6$
中等面积 Medium-sized	$4.8 \leq P_1 \leq 9.2$	$-1.2 \leq p_1 \leq -0.3$	$4.6 \leq P_2 \leq 8.3$	$-1.0 \leq p_2 \leq -0.2$	$4.9 \leq P_3 \leq 7.8$	$-0.5 \leq p_3 \leq 0.2$
中大面积 Large area	$9.3 \leq P_1 \leq 13.7$	$-0.2 \leq p_1 \leq 0.7$	$8.4 \leq P_2 \leq 12.1$	$-0.1 \leq p_2 \leq 0.7$	$7.9 \leq P_3 \leq 10.8$	$0.3 \leq p_3 \leq 1.0$
大面积 A Large area	$P_1 \geq 13.8$	$p_1 \geq 0.8$	$P_2 \geq 12.2$	$p_2 \geq 0.8$	$P_3 \geq 10.9$	$p_3 \geq 1.1$

表 3 1992—2007 年甘肃小陇山森林病虫害灾害的气象评估统计结果

Table 3 Forestry pest's meteorological disasters assessment of statistical table(1992—2007)									
年份 Year	病害 Disease			虫害 Pest			病虫害 Pest and disease		
	病害灾情 指数(P_1) Disease Index	评估等级 Assessment level	实际等级 Live rating	虫害灾情 指数(P_2) Pest index	评估等级 Assessment level	实际等级 Live rating	病虫害灾情 指数(P_3) Pest and disease index	评估等级 Assessment level	实际等级 Live rating
1992	7.8	M	L	4.2	S	S	7.1	M	S
1993	18.2	A	A	4.1	S	S	7.2	M	M
1994	13.8	A	A	0.8	S	S	1.9	S	S
1995	9.6	L	L	7.5	M	M	4.8	S	S
1996	5.9	M	M	4.6	M	M	3.9	S	S
1997	0.3	S	S	9.4	L	L	4.4	S	S
1998	9.3	L	L	5.0	M	M	5.6	M	M
1999	9.6	L	L	5.7	M	M	6.2	M	M
2000	2.0	S	S	7.7	M	L	4.3	S	S
2001	7.1	M	M	10.5	L	L	7.4	M	M
2002	9.7	L	L	10.7	L	L	7.6	M	M
2003	14.3	A	A	11.6	L	A	9.3	L	L
2004	4.8	M	M	12.9	A	A	8.7	L	L
2005	13.9	A	A	13.9	A	A	12.1	A	A
2006	13.4	L	L	14.7	A	A	10.7	L	A
2007	9.5	L	A	15.9	A	A	13.9	A	A

注:A、L、M、S 分别表示大面积、中大面积、中等面积和小面积发生。
Note:A,L,M,S represent A large area, Large area, Medium-sized and Small area respectively.

3 小 结

利用气象因子的异常度指标分析法,系统研究了水、热综合气象条件对林业病虫害发生发展的影响,建立了森林病害、虫害及病虫害发生面积的分级标准和评价模型。该评价模型可全面反映环境

气象条件对甘肃小陇山林区病虫害发生发展的影响,其对甘肃小陇山林区 1992—2007 年各年主要林业病、虫害面积和病虫害灾害总面积的综合评估效果也较理想。但由于森林病虫害不同于其他类型灾害,其发病机理、影响因素极为复杂^[13-14],除受气候环境影响外,也受树势、抵抗能力、树龄、土壤、管理

措施等因素的影响,该研究仅以统计分析为基础,适用于常年发生的病虫害种类,对于突发性或新出现的林业病虫害的评估还有待于进一步研究。

[参考文献]

[1] 国家林业局. 全国主要森林病虫害发生情况统计 [M]. 沈阳: 沈阳科技出版社, 2003.
State Forestry Administration. The nation's major forest pests and diseases statistics [M]. Shengyang: Shenyang Science and Technology Press, 2003. (in Chinese)

[2] 赵青山, 潘宏阳, 赵铁良, 等. 森林病虫害监测预报方法及应用程序 [M]. 哈尔滨: 东北农林大学出版社, 2002.
Zhao Q S, Pan H Y, Zhao T L, et al. Forest pest monitoring and forecasting methods and applications [M]. Haerbin: Northeast Forestry University Press, 2002. (in Chinese)

[3] 许彦平, 姚晓红, 乔艳君. 甘肃小陇山林区甘肃黾鼠危害面积的气象预测预报技术研究 [J]. 地球科学进展, 2011, 26(8): 881-886.
Xu Y P, Yao X H, Qiao Y J. A study on technique meteorological model for forecasting zekor harmful area at Xiaolongshan forest in Gansu [J]. Advances in Earth Science, 2011, 26(8): 881-886. (in Chinese)

[4] 许彦平, 姚晓红, 袁佰顺, 等. 小陇山林区葡萄长须卷蛾危害面积的气象预测研究 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2012, 40(1): 81-86.
Xu Y P, Yao X H, Yuan B S, et al. Study of forecasting of Grape May Roll Moth harmful area in Xiaolong mountain forest zone [J]. Journal of Northwest University: Natural Science Edition, 2012, 40(1): 81-86. (in Chinese)

[5] 王述祥. 灾害因子异常变化辨识新方法: 异常度辨识法 [J]. 中国安全科学学报, 2003, 13(2): 71-73.
Wang S X. Disaster factor abnormal changes in identification of a new method: Exception identification method [J]. China Safety Science Journal, 2003, 13(2): 71-73. (in Chinese)

[6] 赵铁良, 耿海东, 张旭东, 等. 气温变化对我国森林病虫害的影响 [J]. 中国森林病虫, 2003, 22(3): 29-32.
Zhao T L, Geng H D, Zhang X D, et al. The impact of temperature change on forest pests in China [J]. China's Forest Pest and Disease, 2003, 22(3): 29-32. (in Chinese)

[7] 谢大洋. 森林病虫害发生程度的评价方法 [J]. 福建林学院学报, 2005, 25(3): 234-237.
Xie D Y. Forest pests and diseases in the degree of evaluation

methods [J]. Fujian College of Forestry, 2005, 25(3): 234-237. (in Chinese)

[8] 霍治国, 李世奎, 王素艳, 等. 主要农业气象灾害风险评估技术及其应用研究 [J]. 自然资源学报, 2003, 18(6): 692-703.
Huo Z G, Li S K, Wang S Y, et al. The main agro-meteorological disaster risk assessment study of technology and its applications [J]. Journal of Natural Resource, 2003, 18(6): 692-703. (in Chinese)

[9] 李世奎, 霍治国, 王道龙, 等. 中国农业气象灾害风险评估与对策 [M]. 北京: 气象出版社, 1999: 271-275.
Li S K, Huo Z G, Wang D L, et al. Agricultural meteorological disaster risk assessment and countermeasure of China [M]. Beijing: Meteorological Press, 1999: 271-275. (in Chinese)

[10] 刘 濂, 王 卫, 刘东都, 等. 河北省 3 种农作物气象受灾程度分级与灾害损失率分区的研究 [J]. 生态农业研究, 1997, 5(4): 36-39.
Liu L, Wang W, Liu D D, et al. Classification of meteorological calamity degree for therre crops and division of calamity loss rate in Hebei provinc [J]. Journal of Eco-Agriculture, 1997, 5(4): 36-39. (in Chinese)

[11] 张 星, 郑有飞, 周乐照. 农业气象灾害灾情等级划分与年景评估 [J]. 生态学杂志, 2007, 26(3): 418-421.
Zhang X, Zheng Y F, Zhou L Z. Grade classification and annual case assessment of agro-meteorological disasters in Fujian province [J]. Chinese Journal of Ecology, 2007, 26(3): 418-421. (in Chinese)

[12] 许彦平, 姚晓红, 袁亚萍, 等. 气象灾害对天水苹果生产影响的评估技术研究 [J]. 自然资源学报, 2010, 25(1): 155-161.
Xu Y P, Yao Y H, Yuan Y P, et al. A study on assessment technology of meteorological disaster for apple growth in Tianshui [J]. Journal of Natural Resource, 2010, 25(1): 155-161. (in Chinese)

[13] 蔡秋锦, 刘广祥, 沈友爱. 火炬松三种病害及发病机制初析 [J]. 福建林学院学报, 1998, 18(3): 198-201.
Cai Q J, Liu G X, Shen Y A. Preliminary analysis on three diseases of *Pinus taeda* and their mechanisms [J]. Journal of Fujian College of Forestry, 1998, 18(3): 198-201. (in Chinese)

[14] 杨 君. 间伐措施对火炬松主要病害的影响 [J]. 福建林学院学报, 2000, 20(1): 69-71.
Yang J. Influence of inter lumbering on major diseases of *Pinus taeda* [J]. Journal of Fujian College of Forestry, 2000, 20(1): 69-71. (in Chinese)