

## 气候对甘肃小陇山林区落叶松早落病发生发展的影响

许彦平<sup>1,2,3</sup>, 姚晓红<sup>3</sup>, 袁佰顺<sup>3</sup>, 姚延峰<sup>3</sup>, 姚晓琳<sup>3</sup>

(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, 甘肃兰州 730020; 2.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; 3.甘肃省天水市气象局, 甘肃天水 741000)

**摘要:** 利用气象资料进行病虫害预测预报研究主要以病虫害的发展趋势为主, 森林病虫害危害面积的气象预测预报研究并不多见。采用统计学方法, 分析研究气候对落叶松早落病发生发展的影响及其危害面积的气象预测预报技术, 对林业病虫害的预防工作具有显著的科技指导意义。研究表明: 落叶松早落病适宜温暖湿润的气候环境, 高温干旱不利病害的发生。冬前及冬、春季温暖并相对较为湿润气候有利病菌适期休眠、安全越冬和子囊孢子的产生; 春末及夏季降雨适量, 无明显的低温连阴雨和高温干燥天气的温暖湿润气候更有利于病菌子囊孢子成熟、飞散和侵染感病。经过对预测预报模型效果的历史回代拟合检验, 1992-2007年16年生落叶松早落病实际危害面积与预测值平均绝对误差百分率4.7%, 其中绝对误差5.0%以内预报准确率62.5%; 绝对误差10.0%以内预报准确率87.5%。通过对2008, 2009和2010年危害面积试报检验, 3a试报绝对误差分别为2.6%, 7.8%和4.7%, 预测和试报效果均较理想, 可以为林业病虫害的预防工作提供科技指导。图1参15

**关键词:** 森林保护学; 气候; 落叶松早落病; 发生发展; 影响

**中图分类号:** S763.1      **文献标志码:** A      **文章编号:** 2095-0756(2013)02-0269-05

## Occurrence and development of larch caducous disease with climate differences in the Xiaolongshan forest area, Gansu

XU Yanping<sup>1,2,3</sup>, YAO Xiaohong<sup>3</sup>, YUAN Baishun<sup>3</sup>, YAO Yanfeng<sup>3</sup>, YAO Xiaoling<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, Gansu, China; 2. Key Open Laboratory of Arid Climate and Reducing Disaster, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, Gansu, China; 3. Tianshui Meteorological Bureau of Gansu Province, Tianshui 741000, Gansu, China)

**Abstract:** This study analyzed the impact of the climate conditions to the larch early fall's occurrence and development by used statistical method, weather forecasted the hazard area and guiding significance on forestry pest disaster prevention work. This article research showed that warm and humid climatic conditions suitable for larch early fall disease favored; whereas high temperatures and dry conditions is not conducive to the disease occurrence. Winter and spring warm and relatively humid climate favorable bacteria adaptation period of dormancy, safe over-wintering and ascospore produce; A warm and wet climate was more advantageous to ascospore maturity, distribute and infection rate. Through testing on the effect of the forecasting model, the forecasting larch early fall disease was 95.3% accurate, which included absolute error<5.0% prediction accuracy rate of 62.5%, absolute error<10.0% prediction accuracy rate of 87.5%. Absolute error of forecasting for 2008 was 2.6%, for 2009 was 7.8%, and for 2010 was 4.7%. The predict and test report met the needs of operational service, this model could provide guidance for forestry pest disaster prevention work.

收稿日期: 2012-03-05; 修回日期: 2012-05-17

基金项目: 甘肃省气象局气象科研面上项目(2011-15)

作者简介: 许彦平, 高级工程师, 从事应用气象试验与研究。E-mail: xyping1963@163.com。通信作者: 姚晓红, 高级工程师, 从事应用气象试验与研究。E-mail: yaoxiaohong1@163.com

[Ch, 1 fig. 15 ref.]

**Key words:** forest protection; climate; larch caducous diseases; occurrence and development; influence

落叶松早落病是北方地区落叶松 *Larix* spp. 人工林普遍发生的叶部病害, 主要危害兴安落叶松 *Larix gmelini*, 日本落叶松 *Larix kaempferi*, 长白落叶松 *Larix olgensis*, 朝鲜落叶松 *Larix olgensis* var. *koreana* 等多种落叶松类林木, 以 5~20 年生的林分发病为重, 纯林重于混交林。该病 1 年发生 1 次, 病菌在当年病叶中进行有性配合形成双菌核菌丝随病叶落地过冬, 落地病叶于翌年 4 月中、下旬出现子囊壳, 5 月产生子囊孢子, 6 月上、中旬子囊孢子成熟, 6 月下旬至 7 月上旬子囊孢子入散达最高峰, 造成被害林木提早 30~50 d 落叶<sup>[1-2]</sup>, 严重影响林木生长。甘肃小陇山林区 2007 年落叶松面积为 299.73 km<sup>2</sup>, 1992~2007 年各类病害年平均危害面积为 25.19 km<sup>2</sup>, 其中落叶松早落病年均面积 11.63 km<sup>2</sup>, 占林区各类林业病害总面积的 46%, 是甘肃小陇山林区主要病虫害灾害之一。林业病虫害的发生发展与其发源地环境气象条件关系密切<sup>[3]</sup>, 但目前对病虫害的气象预报预测主要以粮食作物病虫害发展趋势的气象条件预报为主<sup>[4]</sup>, 利用气象资料进行病虫害预测预报研究, 特别是森林病虫害危害面积的气象预报预测研究并不多见<sup>[5-8]</sup>。为此, 笔者采用统计学方法<sup>[9]</sup>, 进行气候对落叶松早落病发生发展的影响及其危害面积的气象预报预测技术研究, 旨在为林业病虫害灾害的预防工作提供指导。

## 1 资料来源、处理及研究方法

### 1.1 资料来源

根据甘肃省气候区划, 选取天水市麦积区、陇南市徽县和定西市漳县为样点。1992~2007 年落叶松早落病危害面积(发病率达 10% 以上面积)及林区逐年落叶松总面积资料取自《小陇山林业志》<sup>[10]</sup>; 气象数据取自相应代表点气象站气象观测资料。

### 1.2 资料处理及研究方法

落叶松早落病危害面积用落叶松早落病实际危害面积占林区落叶松总面积的百分比表示。气象资料在光(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, 构建了气温( $t$ )与相对湿度( $u$ )之积( $t \times u$ ), 气温( $t$ )与相对湿度( $u$ )之比值( $t/u$ ), 降水量( $r$ )与气温( $t$ )之积( $r \times t$ ), 降水量( $r$ )与气温( $t$ )之比值( $r/t$ ), 日照时数( $q$ )与气温( $t$ )之积同大气相对湿度( $u$ )的比值( $q \times t/u$ ), 气温( $t$ )与大气相对湿度( $u$ )之积同日照时数( $q$ )的比值( $t \times u/q$ ), 降水量( $r$ )同日照时数( $q$ )与气温( $t$ )之积的比值( $r/(q \times t)$ ), 降水量( $r$ )与气温( $t$ )之积同日照时数( $q$ )的比值( $r \times t/q$ )等不同气象因子之间相互配置的综合气候因子, 并将标准化处理后的各因子 1992~2007 年资料与落叶松早落病危害面积占林区落叶松总面积的百分比进行逐步回归统计分析<sup>[11]</sup>。

## 2 结果分析

### 2.1 影响落叶松早落病危害面积的主要气象因素

落叶松早落病属子囊菌亚门 Ascomycotina 真菌 *Mycosphaerella larici-leptolepis* 感染引起的, 病害的发生发展与环境气象条件密切相关。统计表明: 落叶松早落病危害面积不仅受环境光、温、水、湿等气象单因子影响, 水、热因子间相互配置的综合作用对落叶松早落病危害面积的影响更为显著。

**2.1.1 热量条件对甘肃小陇山林区落叶松早落病危害面积的影响** 温度和光照是热量主要表现形式, 甘肃小陇山林区热量条件以东南部林区(徽县)最优, 北部林区(麦积)次之, 西部林区(漳县)最差。落叶松早落病与东南部林区上年 9 月中旬、西部林区上年 11 月上旬最高平均气温和西部林区当年 2 月下旬最低平均气温(正相关)相关显著(式 1); 与东南部林区上年 10 月上旬(正相关)、北部林区上年 12 月下旬和西部林区当年 6 月上旬(负相关)日照时数相关显著(式 2); 与西部林区上年 11 月上旬、东南部林区当年 3 月中旬(正相关)和西部林区 8 月下旬(负相关)光温积相关显著(式 3)。

$$y=3.917+0.553t_{Mz11上}+0.517t_{Mz9中}+0.379t_{wz2下} \quad (n=16, R=0.907, F=18.451 > F_{0.005}=7.23)。 \quad (1)$$

式(1)中:  $y$  为落叶松早落病危害面积占落叶松总面积的百分比(下同);  $t_{Mz11上}$ ,  $t_{Mz9中}$  和  $t_{wz2下}$  分别为漳县、徽县上年 11 月上旬、9 月中旬平均最高气温和漳县 2 月下旬平均最低气温。

$$y=3.917-0.459q_{m12下}-0.520q_{z6上}+0.414q_{h10上}(n=16, R=0.820, F=8.239>F_{0.005}=7.23)。(2)$$

式(2)中:  $q_{m12下}$ ,  $q_{z6上}$ 和  $q_{h10上}$ 分别为麦积上年12月下旬、漳县6月上旬和徽县上年10月上旬日照时数。

$$y=3.917+0.728t_{xq_{z11上}}-0.626t_{M \times q_{z8下}}+0.392t_{n \times q_{h3中}}(n=16, R=0.910, F=19.320>F_{0.005}=7.23)。(3)$$

式(3)中:  $t_{xq_{z11上}}$ ,  $t_{M \times q_{z8下}}$ 分别为漳县上年11月上旬平均气温、8月下旬最高气温与日照时数之积;  $t_{n \times q_{h3中}}$ 为徽县3月中旬最低气温与日照时数之积。说明林区上年入秋以后降温较快,冬末至初春气温回升慢,不利于落叶松早落病病菌适期休眠越冬和春季病菌子囊壳的形成;夏末晴天高温天气影响病菌感染感病。

2.1.2 水分条件对甘肃小陇山林区落叶松早落病危害面积的影响 水分主要指降水和大气相对湿度。林区降水、湿度条件以东南部林区最多(大),北部林区次之,西部林区最少(小)。落叶松早落病危害面积与北部林区春末5月中旬(正相关)、东南部林区初夏6月中旬(负相关)和西部林区盛夏7月上旬(正相关)降水量相关显著(式4);与西部林区上年初秋9月中旬、北部林区盛夏7月上旬和西部林区夏末8月下旬(正相关)大气相对湿度相关显著(式5)。

$$y=3.917+0.448r_{m5中}-0.273r_{h6中}+0.432r_{z7上}(n=16, R=0.783, F=3.54>F_{0.05}=3.49)。(4)$$

式(4)中:  $r_{m5中}$ ,  $r_{h6中}$ 和  $r_{z7上}$ 分别为麦积5月中旬、徽县6月中旬和漳县7月上旬降水量。

$$y=3.917+0.429u_{z8下}+0.602u_{m7上}+0.426u_{z9中}(n=16, R=0.852, F=10.561>F_{0.005}=7.23)。(5)$$

式(5)中:  $u_{z8下}$ ,  $u_{m7上}$ 和  $u_{z9中}$ 分别为漳县8月下旬、麦积7月上旬和徽县上年9月中旬大气相对湿度。说明林区上年初秋及当年春末干燥气候和初夏低温连阴雨天气,影响病菌秋季双菌核菌丝形成和春末初夏子囊孢子成熟;盛夏由于气温较高,相对较多的降水天气过程不仅能提高大气相对湿度,而且还可相对缓解高温对病菌孢子飞散侵染的影响,对落叶松早落病侵染感病极为有利。

2.1.3 水、热综合作用对甘肃小陇山林区落叶松早落病危害面积的影响 统计表明:水、热综合作用对甘肃小陇山林区落叶松早落病危害面积的影响以热量(温度、日照)和环境湿度的综合作用最为显著。落叶松早落病危害面积与西部林区仲春4月下旬、夏末8月下旬和东南部林区初夏6月上旬温湿积(正相关)相关显著(式6);与西部林区隆冬1月中旬、东南部林区仲春4月上旬降水、气温比(负相关)和北部林区春末5月中旬降水、温度积(正相关)相关显著(式7);与东南部林区上年仲秋10月上旬湿度与最高气温日照时数之积的比、初夏6月上旬最高气温相对湿度之积与日照时数的比(负相关)和西部林区夏末8月下旬平均气温相对湿度之积与日照时数的比(正相关)相关显著(式8)。说明落叶松早落病对环境水、热条件,特别是环境温、湿度条件要求极为严格。

$$y=3.917+0.756t_{n \times u_{z8下}}+0.609t_{n \times u_{h6上}}+0.342t_{x \times u_{z4下}}(n=16, R=0.947, F=34.730>F_{0.005}=7.23)。(6)$$

式(6)中:  $t_{n \times u_{z8下}}$ ,  $t_{n \times u_{h6上}}$ 和  $t_{x \times u_{z4下}}$ 分别为漳县8月下旬、徽县6月上旬最低气温与湿度积,漳县4月下旬平均气温与湿度积。

$$y=3.917+0.802t_{M \times r_{m5中}}-0.721r/t_{h4上}-0.441r/t_{z1中}(n=16, R=0.836, F=9.321>F_{0.005}=7.23)。(7)$$

式(7)中:  $t_{M \times r_{m5中}}$ ,  $r/t_{h4上}$ 和  $r/t_{z1中}$ 分别为麦积5月中旬最高气温降水量积,徽县4月上旬、漳县1月中旬降水量与平均最低气温、平均气温比。

$$y=3.917+0.979t_{x \times u/q_{z8下}}+0.516t_{M \times u/q_{h6上}}-0.392u/(t_{M \times q_{h10上}})(n=16, R=0.940, F=30.566>F_{0.005}=7.23)。(8)$$

式(8)中:  $t_{x \times u/q_{z8下}}$ 和  $t_{M \times u/q_{h6上}}$ 分别为漳县8月下旬、徽县6月上旬平均气温、最高气温乘湿度与日照时数比;  $u/(t_{M \times q_{h10上}}$ : 徽县上年10月上旬湿度与最高气温、日照时数之积的比。林区仲秋阴寡低温和西部林区隆冬的低温阴雨(雪)天气影响病菌双菌核菌丝体的形成和安全越冬;仲春4月中、下旬至春末5月中、下旬,西部及北部林区气温回升较慢,相对的低温干燥气候不利病菌子囊壳及子囊孢子产生;初夏6月及夏末8月,是子囊孢子成熟和病菌孢子飞散侵染感病的高峰期,但该期东南部林区初夏的低温连阴雨天气和西部林区夏末高温干燥气候影响落叶松早落病病菌孢子成熟和飞散侵染。因此。上年仲秋及当年冬春季温暖并相对较为湿润气候有利病菌适期休眠、安全越冬和子囊孢子的产生;春末及夏季温暖湿润,降水适量,无明显的低温连阴雨和高温干燥的天气气候条件更有利于病菌子囊孢子成熟、飞散和侵染感病。上述气候条件,可能是造成落叶松早落病大面积发生发展的主要因素。

## 2.2 甘肃小陇山林区落叶松早落病危害面积的气候因素预测预报模型

2.2.1 落叶松早落病危害面积的气象预测模型 将影响甘肃天水小陇山林区落叶松早落病危害面积的相关气象因子和逐年落叶松早落病实际危害面积与林区落叶松面积的百分比进行逐步回归统计,建立小陇

山林区落叶松早落病危害面积气象预测预报模型如下:

$$y=3.917+0.776t \times u/q_{\text{8下}}+0.505t_M \times u/q_{\text{6上}}-0.473u/(t_M \times q_{\text{h}})_{\text{10上}}-0.355q_{\text{12下}}, \quad (9)$$

(n=16, R=0.974, F=50.779 > F\_{0.005}=6.88)。

式(9)中:  $t \times u/q_{\text{8下}}$ 为漳县8月下旬平均气温、相对湿度之积与日照时数的比;  $t_M \times u/q_{\text{6上}}$ 为徽县6月上旬最高气温、相对湿度之积与日照时数的比;  $u/(t_M \times q_{\text{h}})_{\text{10上}}$ 为徽县上年10月上旬相对湿度与最高气温、日照时数之积的比;  $q_{\text{12下}}$ 为麦积12月下旬日照时数。

2.2.2 落叶松早落病危害面积的气象预测模型的回代检验 将逐年相应代表站点相关气象资料代入所建立的模型, 得出各年甘肃小陇山林区落叶松早落病危害的预测面积, 并进行回代和试报检验<sup>[12]</sup>。由图1可知: 16 a 预报危害面积与实际危害面积平均绝对误差百分率 3.6%, 绝对误差百分率 5.0%以内有 12 a, 预报准确率 75.0%; 绝对误差百分率 10.0%以内有 16 a, 预报准确率 100%。再将 2008, 2009, 2010 年相应代表站点相关气象资料代入所建立的模型, 得出相应年份甘肃天水小陇山林区落叶松早落病预报危害面积分别为 14.326 km<sup>2</sup>, 15.078 km<sup>2</sup>和 15.643 km<sup>2</sup>, 与实际危害面积绝对误差百分率分别为 2.9%, 4.0%和 4.4%, 绝对误差百分率 5.0%以内预报准确率 100.0%。

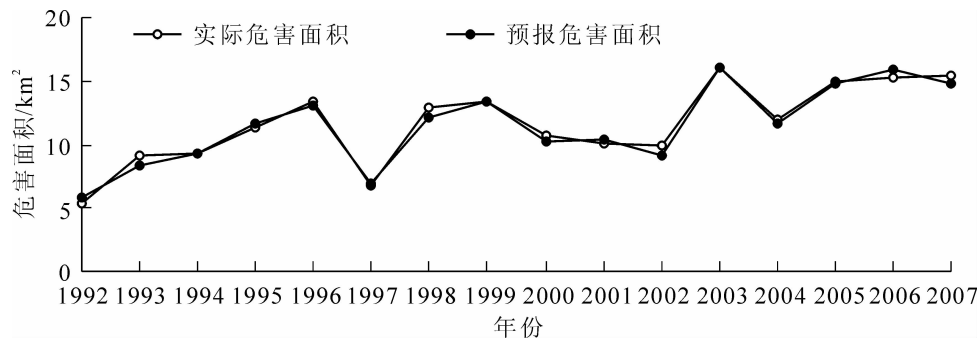


图1 甘肃小陇山林区落叶松早落病实际危害面积与预报危害面积的回代检验

Figure 1 Coincidence rate of real and forecasting area of larch caduceus disease

### 3 结论与讨论

落叶松早落病适宜温暖湿润的气候环境, 不耐高温干旱气候。冬前及冬春季温暖并相对较为湿润气候有利病菌适期休眠、安全越冬和子囊孢子的产生; 春末及夏季降水适量, 无明显的低温连阴雨和高温干燥天气的温暖湿润气候更有利于病菌子囊孢子成熟、飞散和侵染感病。上述气候条件, 可能是造成落叶松早落病大面积发生发展的主要因素。利用统计学方法, 统计并分析了气候对甘肃小陇山落叶松早落病发生发展的影响, 建立了落叶松早落病危害面积的气象预测模型。通过 1992–2007 年历史回代和 2008–2010 年试报检验, 预测预报效果均较理想。

近年来, 利用气象资料进行林业病虫害预测预报技术虽然发展较快, 但大多研究以林业病虫害的发病、流行程度和病情指数<sup>[13-14]</sup>的趋势预报为主, 影响林业病虫害的主要气象预报因子多以温度、降水量等单因子居多<sup>[15]</sup>, 森林病虫害危害面积的气象预测预报技术研究并不多见。因此, 该研究不仅全面分析研究了水、热综合气象条件对林业病虫害发生发展的影响, 而且病虫害预报预测模型, 其主要气象影响因子也多以水热综合因子居多, 可以全面反映环境气象条件对甘肃小陇山林区落叶松早落病发生发展的影响, 预报准确率明显提高, 能够直接为林业生产及管理部门提供林业病虫害灾害预测面积, 方便在实际生产管理中参考。林业病虫害的发病机制、影响因素极为复杂, 落叶松早落病危害面积除受气候环境影响外, 也受树势、抵抗能力、树龄、土壤、管理等因素的影响, 本研究仅依据统计学方法建立落叶松早落病危害面积的气象预测预报模型, 模型的实用性有待在实际应用中进一步检验。

#### 参考文献:

- [1] 高娜, 石韧, 颀耀文. 落叶松早落病危害的光谱特征及与叶绿素浓度的关系研究[J]. 遥感技术与应用, 2007, 22(6): 710–713.

- GAO Na, SHI Ren, XIE Yaowen. Research on spectral characteristics of *Mycosphaerella larici-leptolepis* and correlations of chlorophyll concentrations [J]. *Remote Sens Technol Appl*, 2007, **22** (6): 710 – 713.
- [2] 王永明, 何平勋, 柳亚学, 等. 落叶松落叶病、枯梢病联合防治的探讨[J]. 林业科技通讯, 1981 (1): 26 – 29.  
WANG Yongming, HE Pingxun, LIU Yaxue, *et al.* Prevention and control of *Mycosphaerella larici-leptolepis* and *Guignardia laricana* [J]. *For Sci Technol*, 1981 (1): 26 – 29.
- [3] 张传飞. 松赤落叶病发生的发生及防治[J]. 湛江农专学报, 1991 (1): 24 – 25.  
ZHANG Chuanfei. Red leaf disease of pine occurrence and control [J]. *J Zhanjiang Agric Coll*, 1991 (1): 24 – 25 .
- [4] 许彦平, 姚晓红, 王从书, 等. 甘肃天水市冬小麦条锈病发生发展的气象预测[J]. 自然灾害学报, 2011, **20** (1): 142 – 148.  
XU Yanping, YAO Xiaohong, WANG Congshu, *et al.* Meteorological prediction of formation and development of winter-wheat stripe rust in Tianshui City, Gansu Province [J]. *J Nat Dis*, 2011, **20** (1): 142 – 148.
- [5] 张广臣, 楚立明, 于文善, 等. 落叶松枯梢病发生规律及防治技术[J]. 森林病虫通讯, 1999 (1): 9 – 10.  
ZHANG Guangcheng, CHU Liming, YU Wenshan, *et al.* Occurrence and control technology of larch blight [J]. *China For Pest Dis*, 1999 (1): 9 – 10.
- [6] 周秦钟, 张海军. 桥北林区甘肃鼯鼠生发规律及防治对策[J]. 陕西林业科技, 2003 (2): 59 – 61.  
ZHOU Qinzhong, ZHANG Haijun. Northbound forest cansus germinal rules and control measures [J]. *J Shaanxi For Sci Technol*, 2003 (2): 59 – 61.
- [7] 韩崇选, 胡忠朗, 陈孝达, 等. 桥山林区甘肃鼯鼠发生规律研究[J]. 陕西林业科技, 1994 (4): 23 – 29.  
HAN Chongxuan, HU Zhonglang, CHEN Xiaoda, *et al.* The bridge wooded mountain area Gansu zokor has the rule reasarch [J]. *J Shaanxi For Sci Technol*, 1994 (4): 23 – 29.
- [8] 韩崇选, 杨学军, 王明春, 等. 林区鼯鼠综合管理研究[J]. 西北林学院学报, 2002, **17** (3): 53 – 57.  
HAN Chongxuan, YANG Xuejun, WANG Mingchun, *et al.* The integrated pest management of zoker in forest area [J]. *J Northwest For Coll*, 2002, **17** (3): 53 – 57.
- [9] 周惠彬, 谢小燕, 张卫东, 等. 概率论与数理统计[M]. 成都: 西南财经大学出版社, 2004: 291 – 323.
- [10] 小陇山林业实验局. 小陇山林业志[M]. 兰州: 民族出版社, 2002: 306 – 307.
- [11] 欧阳海, 郑步忠, 王雪娥, 等. 农业气候学[M]. 北京: 气象出版社, 1990: 282 – 289.
- [12] 王建林, 吕厚荃, 张国平, 等. 农业气象预报[M]. 北京: 气象出版社, 2005: 10 – 15.
- [13] 王永民, 尹泰龙, 刘国荣, 等. 落叶松落叶病测报与防治指标的研究[J]. 应用生态学报, 1993, **4** (1): 12 – 17.  
WANG Yongmin, YIN Tailong, LIU Guorong, *et al.* Forecast of larch leaf cast and its control threshold [J]. *Chin J Appl Ecol*, 1993, **4** (1): 12 – 17.
- [14] 陈京元, 罗治建, 赵升平, 等. 马尾松赤落叶病的流行规律[J]. 林业科技开发, 2007, **21** (1): 40 – 42.  
CHEN Jingyuan, LUO Zhijian, ZHAO Shengping, *et al.* Study on the epidemic trend of *Hypoderma desmazierii* [J]. *China For Sci Technol*, 2007, **21** (1): 40 – 42.
- [15] 刘国荣, 王世君. 落叶松落叶病预测预报技术的研究[J]. 林业科学, 1992, **28** (3): 220 – 225.  
LIU Guorong, WANG Shijun. A study on the forecasting technique of larchleaf cast [J]. *Sci Silv Sin*, 1992, **28** (3): 220 – 225.