

# 草坪草病害风险性评估体系的初步建立及应用

王跃栋, 刘自学, 苏爱莲

(北京克劳沃草业技术开发中心, 北京 100029)

**摘要:**为探索建立统一的草坪草病害风险性评价尺度,本研究引入有害生物风险分析(Pest Risk Analysis)理论。基于有害生物风险分析的规定程序,结合草坪绿地生态系统特点及模糊数学理论,利用德尔菲法及层次分析法,探讨了草坪绿地病害风险分析体系的建立、评价指标和评价值的计算方法。初步建立了三层次 17 个评价指标的综合评价模型  $R = \sqrt[5]{P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4 \times P_5}$ ,并运用此模型评价了草坪草 5 种主要病害的风险性危害值。结果表明,草坪草褐斑病(*Rhizoctonia solani*)、腐霉病(*Phythium ultimum*)和镰刀菌枯萎病(*Fusarium* spp.) 3 种病害的风险性危害值在 0.6~0.8,风险级别为高风险;草坪草锈病(*Puccinia* spp.)和德氏霉叶枯病(*Drechslera* spp.) 2 种病害的风险性危害值在 0.4~0.6,风险级别为中等风险。在实际工作中,应根据不同的病害风险等级制定相对应的风险管理策略及具体办法。

**关键词:**褐斑病;腐霉病;镰刀菌枯萎病;锈病;德氏霉叶枯病;层次分析法;德尔菲法

**中图分类号:**S435.4      **文献标识码:**A      **文章编号:**1001-0629(2012)08-1199-07

近年来,由于我国城市绿化事业高速发展,人均公共绿地面积不断增加,城市绿化植物品种不断增多,种植面积不断扩大,草坪草的各种病害的发生也日趋严重。据调查,草坪几种主要病害的发病率一般在 30%左右,重者可超过 50%,严重影响了草坪绿化成果。另外,由于我国草种市场发展缓慢,草种主要依靠进口,打破了以植物为寄主的有害生物原先的地理分布,同时可能导致输入性病害的发生,而且由于不同地区草坪绿地有害生物种类增多,使生态系统不同程度的失衡,导致一些病害的再次传播流行或新病害的发生及传播流行,这给草坪的养护工作带来了不同程度的困难。但并不是所有的病害均对生态系统构成重大危害,要根据病害对草坪绿地的危害程度,对不同的危险程度草坪绿地病害的防治和管理区别对待。鉴于此,本研究引入有害生物风险分析(Pest Risk Analysis)理论,探索草坪病害不同程度的评价方法,运用有害生物风险分析评估病害的风险程度,为其风险管理提供理论基础,并提出风险管理建议。

有害生物风险分析是指通过评价生物学或其他科学、经济学证据,确定某种有害生物是否应予以管制以及管制所采取的植物卫生措施力度的过程<sup>[1-3]</sup>。

在我国,有害生物风险性分析通常采用多指标综合评判法及量化指标体系<sup>[4-7]</sup>。有害生物风险评估是一种定性与定量相结合的评价体系<sup>[3]</sup>。层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)是将与决策总是有关的元素分解成目标、准则、方案等层次,在此基础上进行定性和定量分析的决策方法。层次分析法是在对复杂的决策问题的本质、影响因素及其内在关系等进行深入分析的基础上,利用较少的定量信息使决策的思维过程数学化,从而为多目标、多准则或无结构特性的复杂决策问题提供简便的决策方法<sup>[8]</sup>。德尔菲法又叫专家意见法,是通过搜集、整理多轮次不同调查专家对问卷所提问题的看法,并经过反复征询、归纳、修改,最后汇总成专家基本一致的看法,最终得到一个统一的、可靠的预测结果。因此,本研究在运用有害生物分析理论的基础上,运用层次分析法、德尔菲法等定量与定性分析方法,初步建立草坪病害的风险分析评估指标体系。

## 1 草坪病害风险评估模型及指标体系的确立

### 1.1 病害风险评估模型的确立

通过查阅文献资料,借鉴和总结前人所做的研究<sup>[1,4-7,9-10]</sup>,总结提出  $R = f(P_i)$  的函数关系。方程式中  $R$  为某种病害的综合风险危害数值, $P$  为某种病害在各个评价指

收稿日期:2011-10-30      接受日期:2012-03-07

基金项目:全国牧草种质资源保存与利用项目(070401)

作者简介:王跃栋(1984-),男,甘肃武威人,农艺师,硕士,主要从事草坪研究工作。E-mail:ghost-wwp@163.com

通信作者:刘自学 E-mail:liuzx@bjclover.com

标下的实际评分值,即  $R = P_i \times P_{i+1} \times \dots \times P_n (i=1, 2, \dots, n)$ ,并可简化为  $R = \sqrt[n]{P_i \times P_{i+1} \times \dots \times P_n}$ ,由于草坪病害的发生发展存在各种不确定因素,对构成病害发生的危险性来说,因素间互相依存,是综合作用的结果,各因素关联性强,但同时满足,故而应该采用连乘规则。

**1.2 病害风险评估指标体系的确立** 根据有害生物风险分析的国际植物卫生措施标准《有害生物风险分析准则》<sup>[1-2]</sup>及蒋青等<sup>[4]</sup>、李鸣和秦吉强<sup>[5]</sup>、季良<sup>[6]</sup>、杨静莉等<sup>[7]</sup>、鞠瑞亭等<sup>[10]</sup>的研究,总结如下三层次 17 个指标的草坪草病害综合评价体系(图 1)。

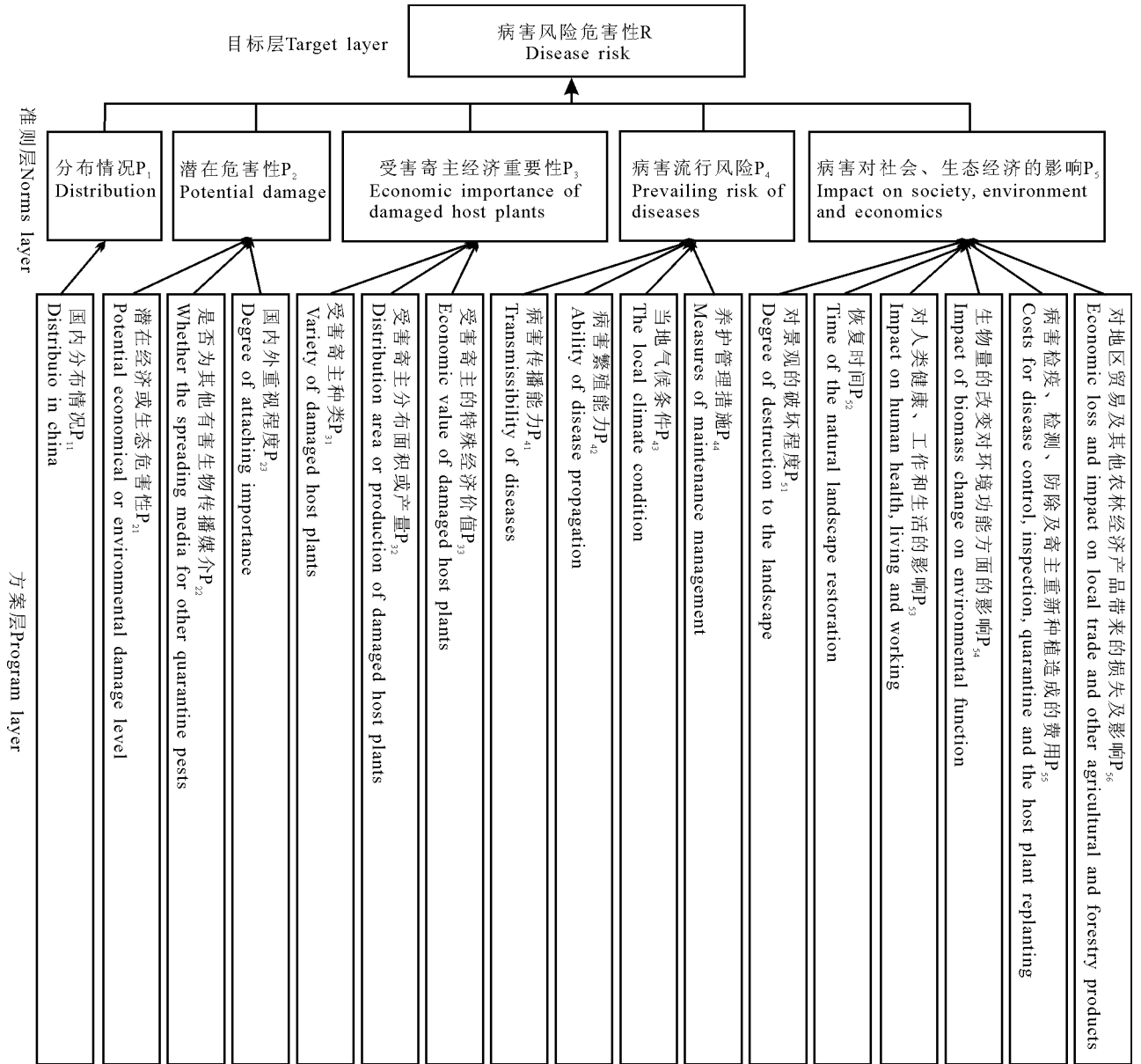


图 1 病害风险性评价指标体系

Fig.1 Evaluation system on disease risk

**1.3 病害风险性评估指标的评判标准** 本研究采用五级划分法,将各个二级指标评判等级划分为五级,其二级指标定性描述评判标准及评分标准

见表 1。该评价方法借鉴蒋青等<sup>[4]</sup>、李鸣和秦吉强<sup>[5]</sup>、季良<sup>[6]</sup>、杨静莉等<sup>[7]</sup>、陈克等<sup>[9]</sup>、鞠瑞亭等<sup>[10]</sup>的研究结果。





**1.4 评估指标权重及各项指标评价值的计算方法** 由于层次分析法具有高度的逻辑性、系统性、简洁性与实用性的特点,且较为成熟,所以本研究采取层次分析法来计算各个评价指标的权重值。Saaty的1~9级标记法被广泛应用在层次分析法中,用来标记两因素之间的相对重要性,本研究采用1~9级标记法对图1中的17个指标的相对重要性

进行比较判断,分析系统中各因素间的关系,对同一层次各元素关于上一层中某一准则的重要性进行两两比较,构造两两比较的判断矩阵,再由判断矩阵计算被比较元素对于该准则的相对权重,并进行判断矩阵的一致性检验,最后计算各层次对于系统的总排序权重,并进行排序得到各方案对于总目标的总排序权重  $W_j^{[8]}$ ,各指标权重值见表2。

表2 病害风险评价指标权重值

Table 2 Weight values on the evaluation of disease risk

评价指标 $P_{ij}$ Evaluation index	权重值 Weight values( $W_{ij}$ )
国内分布 $P_{11}$ Distribution in China	0.300 9
潜在经济或生态危害性 $P_{21}$ Potential economic or environmental damage level	0.070 0
是否为有害生物传播媒介 $P_{22}$ Whether the spreading media for other quarantine pests	0.029 4
国内外重视程度 $P_{23}$ Degree of attaching importance in the world	0.018 5
受害寄主种类 $P_{31}$ Variety of damaged host plants	0.051 9
受害寄主分布面积或产量 $P_{32}$ Distribution area or production of damaged host plants	0.032 7
受害寄主特殊经济价值 $P_{33}$ The economic value of damaged host plants	0.020 6
病害传播能力 $P_{41}$ Ability of disease transmission	0.054 1
病害繁殖能力 $P_{42}$ Ability of disease propagation	0.038 3
当地气候条件 $P_{43}$ The local climate condition	0.108 4
养护管理措施 $P_{44}$ Measures of maintenance management	0.076 6
景观破坏程度 $P_{51}$ Degree of destruction to the landscape	0.026 6
景观回复时间 $P_{52}$ Time of the natural landscape restoration	0.048 3
对人类健康,生活和工作影响 $P_{53}$ Impact on human health, living and working	0.031 3
生物量的改变对环境功能方面的影响 $P_{54}$ Impact of biomass change on environmental function	0.056 9
病害防除、监测、检疫及寄主的重新种植等造成的费用 $P_{55}$ Costs for disease control, inspection, quarantine and the host plant replanting	0.015 7
对地区贸易及其他农林产品带来的经济损失及影响 $P_{56}$ Economic loss and impact on local trade and other agricultural or forestry products	0.019 7

在病害风险性评估体系中,各级指标间的函数关系不是简单的迭加、连乘、替代,而是多种数学关系的综合应用。如前所述(表1),在实际确定某一病害的各项二级指标评价值时,本研究采用专家打分法(德尔菲法)取平均值,即为某一指标的评价值,一级指标  $P_i$  的评价值是由所属二级指标( $P_{ij}$ )的评价值与所对应权重值( $W_{ij}$ )的乘积,并通过一定的数学关系来确定,计算方法及过程如下述。

一级指标潜在危害性( $P_2$ )与病害对社会、生态、经济的影响( $P_5$ ),由于其各所属二级指标均能够独立地对一级指标作出贡献,各个二级指标( $P_{ij}$ )对一级指标( $P_i$ )的影响是独立的,其指标间的逻辑关系应为迭加关系,其计算公式为:

$$P_i = W_{ij}P_{ij} + W_{i+1,j+1}P_{i+1,j+1} + \dots + W_{i+n,j+n}P_{i+n,j+n}。$$

式中, $W_{ij}$ 为二级指标所对应的权重值,该权重值由层次分析法计算得出(表2), $P_{ij}$ 为二级指标评价值。

受害寄主经济重要性  $P_3$ :一级指标  $P_3$  由3个二级指标构成,当二级指标的其中一项达到相对最大值,即能替代其他指标对上一级指标作出的贡献,其二级指标间的逻辑关系为替代关系,其计算公式为:

$$P_3 = \max(W_{31}P_{31}, W_{32}P_{32}, W_{33}P_{33})。$$

病害流行风险  $P_4$ :病害流行风险由4个二级指标决定,且二级指标对一级指标的影响是相互的,它们与  $P_4$  的关系符合连乘原理,可用公式:

$$P_4 = \sqrt[4]{W_{41}P_{41} \times W_{42}P_{42} \times W_{43}P_{43} \times W_{44}P_{44}}。$$

综上所述,各一级指标的评价值确定后,即可计

算出病害风险性的综合评价值,其综合评价值为各一级指标评价值的乘积的5次方根。病害风险性评估的综合评价公式:

$$R = \sqrt[5]{P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4 \times P_5}$$

## 2 病害风险性评估

利用本研究建立的草坪草病害评价模型,根据文献资料 and 实际调查,并结合专家意见,对草坪绿地中常见的5种病害各项风险评价指标进行了专家打分和计算,最后根据本研究规定的评语即得出风险等级。本研究病害总风险性评估采用五级法<sup>[10]</sup>,即危险性分为极高风险,阈值范围为 $0.8 < R \leq 1.0$ ;高风险,阈值范围为 $0.6 < R \leq 0.8$ ;中风险,阈值范围

为 $0.4 < R \leq 0.6$ ;低风险,阈值范围为 $0.2 < R \leq 0.4$ ;极低风险,阈值范围为 $0 < R \leq 0.2$ 。评估结果表明(表3),在这5种病害中,草坪草褐斑病、腐霉病和镰刀菌枯萎病为高风险病害,草坪草锈病和德氏霉叶枯病为中风险病害。此结果与实际工作中总结的结果相符,褐斑病、腐霉病以及镰刀菌枯萎病对草坪草的危害较为严重,其潜在危害性、传播性、破坏力均较强,且危害的寄主种类多样,其危害面积也较为广大,风险危害性较高,为危害草坪草最严重的高风险病害。草坪草锈病和叶枯病虽对草坪有很大程度的危害,但其潜在的危害性、传播性、破坏力较褐斑病等相对较弱,故其风险危害性较低。

表3 草坪草五种病害的风险数值及等级

Table 3 The risk index and grade of five kinds of turfgrass diseases

病害生物名 Name	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	R	风险等级 Risk level
草坪草褐斑病 <i>Rhizoctonia solani</i>	0.902 7	0.902 2	0.467 1	0.426 3	1.145 3	0.71	高 High
草坪草腐霉病 <i>Phythium ultimum</i>	0.902 7	0.832 2	0.457 4	0.426 3	1.145 3	0.69	高 High
草坪草镰刀菌枯萎病 <i>Fusarium</i> spp.	0.867 4	0.768 9	0.422 1	0.406 7	0.968 5	0.64	高 High
草坪草锈病 <i>Puccinia</i> spp.	0.753 5	0.619 2	0.363 3	0.398 8	1.070 2	0.59	中 Middle
草坪草德氏霉叶枯病 <i>Drechslera</i> spp.	0.709 5	0.607 9	0.363 3	0.378 4	0.893 2	0.56	中 Middle

## 3 讨论

草坪草褐斑病、腐霉病、镰刀菌枯萎病在我国具有较强传播的可能性,其适生性较强,对我国的经济和绿化生态环境构成严重的影响和威胁<sup>[7,11]</sup>。对于这种高风险病害,应制定严密的检查和监测制度,预防为主,综合防治,加强科学的检测方法研究,密切注意高风险病害的发生动态<sup>[10]</sup>。结合实际工作,制定出高风险病害相应的应急控制预案,使其对绿化生态系统的威胁降低到最小<sup>[10]</sup>。草坪草锈病和德氏霉叶枯病在我国具有进一步传播的可能性,适生性强,对草坪危害严重;对于中、低风险病害,在实际工作中应做好科学监测工作,摸清病害的发生发展规律,研究这些病害的发生与环境的关系,制定出合理科学的防控措施,将其控制在低水平范围<sup>[10]</sup>。同时,进行周期性普查,按照实际情况及时调整风险级别,制定相对应的防控措施。

由于草坪病害的成因复杂,影响因素众多,生态系统复杂以及草坪生长的特殊性,在草坪绿地日常

管理过程中必须进行病害的综合治理,实行不同程度的病害风险管理,加强草种检疫、选择抗病草种、完善养护管理,注重物理防治、生物防治、化学药剂防治的有机结合,协调草坪、病害、环境所组成的生态系统的关系,建设生态草坪,走可持续控制之路<sup>[11-12]</sup>。

众所周知,草坪病害危险性评价是一项复杂的系统工程,其信息的不完全(灰色的)、不分明(模糊的)、不确定(随机的)给确切评价带来许多困难,因此,该指标体系的建立还有待于今后在具体的应用中不断补充、完善,使其更合理、更实用<sup>[13-15]</sup>。

## 4 结论

通过对草坪草5种病害的风险性进行评估分析表明,草坪褐斑病的风险性评价值R为0.71,风险性最高;腐霉病R为0.69,属于高风险病害;镰刀菌枯萎病风险危害值R为0.64,属高风险病害;锈病风险危害值R为0.59,属于中等风险病害;德氏霉叶枯病R为0.56,属中等风险病害,此结果与实际

工作中总结的结果相符合。这表明本研究尝试建立的病害风险评价模型,在一定的条件下可以用来评价草坪病害的风险危害等级,在实际工作中可根据病害对草坪绿地的危害程度,提出不同的草坪绿地病害的防治和管理措施,科学的、合理的、有计划的做好草坪病害防治工作。

### 参考文献

- [1] FAO. Glossary of phytosanitary terms[J]. Plant Protection Bulletin, 1990, 38(1): 5-23.
- [2] FAO. Glossary supplement No. 2: Guidelines on the understanding of potential economic importance and related terms including reference to environmental considerations [A]. Rome Secretariat of the International Plant Protection Convention, 2007.
- [3] 李宁. 美国输华小麦截获重要性杂草的风险分析[D]. 福州: 福建农林大学, 2009.
- [4] 蒋青, 梁忆冰, 王乃扬, 等. 有害生物危险性评价的定量分析方法研究[J]. 植物检疫, 1995, 9(4): 208-211.
- [5] 李鸣, 秦吉强. 有害生物危险性综合评价方法的研究[J]. 植物检疫, 1998, 12(3): 52-55.
- [6] 季良. 检疫性有害生物危险性评价[J]. 植物检疫, 1994(2): 100-105.
- [7] 杨静莉, 张春美, 苏元吉, 等. 草坪草褐斑病菌风险性分析[J]. 辽宁林业科技, 2009(4): 27-30.
- [8] 许树柏. 层次分析法原理[M]. 天津: 天津大学出版社, 1988: 6-8.
- [9] 陈克, 范晓虹, 李尉民. 有害生物的定性和定量风险分析[J]. 植物检疫, 2002, 16(5): 257-261.
- [10] 鞠瑞亭, 徐颖, 易建平, 等. 城市绿地有害生物风险分析体系构建及应用[J]. 植物保护学报, 2005, 32(2): 179-184.
- [11] 孙淑琴, 孙国庆, 刘宝生, 等. 北方冷季型草坪主要病害的快速诊断及综合防控[J]. 北方园艺, 2008(7): 238-239.
- [12] 丁世民, 傅海澎, 张洪海, 等. 草坪病害的发生与可持续控制策略[J]. 草原与草坪, 2005(3): 17-20.
- [13] 施宣杰. 厦门地区毒蛾的监测和风险分析[D]. 福州: 福建农林大学, 2010.
- [14] 陈吉虎, 赵永军, 高旭彪, 等. 北京地区冷季型草坪草病害调查及防治[J]. 草业科学, 2007, 24(12): 103-106.
- [15] 何秋, 刘建秀. 草坪草真菌病害的研究进展[J]. 草业科学, 2006, 23(4): 95-104.

## Preliminary establishment and application of turfgrass disease risk evaluation system

WANG Yue-dong, LIU Zi-xue, SU Ai-lian

(Beijing Clover Seed & Turf Co., Beijing 100029, China)

**Abstract:** In order to find an uniform solution for evaluating the risk of turf diseases, pest risk analysis system to turf disease was introduced and a model for analyzing the risk level of the pest was developed. Based on the rule of standards for pest measurements (ISPM), fuzzy mathematics theory and characteristics of the turf grass ecosystem, we discussed the criterion of evaluation and calculation measures of the model on the method of AHP and Delphi. In this study, an assessment model, including seventeen evaluation indexes, was established. The estimative equation was  $R = \sqrt[5]{P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4 \times P_5}$ . Using this model, five kinds of turfgrass diseases were evaluated. The results showed that the high risk level with the value from 0.6 to 0.8 involved three kinds of diseases, such as *Rhizoctonia solani*, *Phythium ultimum* and *Fusarium* spp. The middle risk level with the value from 0.4 to 0.6 involved two kinds of diseases, *Puccinia* spp. and *Drechslera* spp. In factual tasks, we should set up strategies of the risk management and make concrete analysis for concrete problems according to different disease risk levels.

**Key words:** *Rhizoctonia solani*; *Phythium ultimum*; *Fusarium* spp.; *Puccinia* spp.; *Drechslera* spp.; AHP; Delphi