

沈阳城市绿地有害生物风险分析体系的构建及应用

华 旭,刘广纯

(沈阳大学 生物与环境工程学院,辽宁 沈阳 110044)

摘要:以多指标综合评价体系为基础,结合沈阳市绿地生态系统的特点及有害生物的危害过程,确立了评估指标及相关的计算方法,构建了沈阳市绿地有害生物风险分析体系。利用该体系对光肩星天牛(*Anoplophora glabripennis*)进行了风险分析。结果表明:光肩星天牛的风险值为1.5,是对沈阳市绿地具有中度危险的有害生物。结合沈阳市光肩星天牛的实际发生情况证明该体系是评估沈阳市绿地有害生物风险的一种有效方法。

关键词:城市绿地;有害生物风险分析;光肩星天牛;沈阳市

中图分类号:Q969.511.1

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2012)01-0051-04

有害生物风险分析(pest risk analysis, PRA),是以生物学、经济学或其它科学为依据,确定一种有害生物是否应该限制和加强防治措施力度的评价过程^[1]。目前,国内外对于有害生物风险分析做了很多研究。蒋青等利用系统分析法提出了多指标综合评价体系^[2],该体系通过分析影响有害生物危险性的各种因子及各因子间的相互关系来评价有害生物的危险程度;马晓光提出了“五因素多因子三级法”的杨树天牛风险评估体系^[3],该体系结合杨树天牛的生态学数据及发生区的调查实况,选取与杨树天牛传播、定殖、扩散、危害及治理等相关因子作为风险因子,构建了针对杨树天牛的风险分析体系;Warren建立了用于小麦有害生物风险分析的专家系统^[4]。Cook首次将气候图技术应用到有害生物风险分析领域;魏淑秋等在此基础上建立了“农业气候相似距库”^[5],该体系通过比较某种有害生物高发区与PRA地区的气候因子,计算两地区的气候相似度,从而判断该有害生物在PRA地区的定殖可能性;金瑞华等在此基础上利用气候相似距库系统对美国白蛾在我国适生区的分布进行了研究;Sutherst等建立了CLIMEX系统,该系统广泛应用于有害生物适生性的研究^[6]。此外,用于有害生物风险分析的技术还有地理信息系统(GIS)、GARP系统和人工智能系统等^[7]。

近年来,随着“生态城市”的建设,沈阳市的绿地面积从45.3 km²增加到114.2 km²;绿化覆盖率从23.91%增加到40.65%;人均公共绿地从3.7 m²增加到12 m²,其中新增绿地69 km²,新栽各种树木1 900余万株,而频繁的苗木调运为有害生物侵入沈阳提供了途径。一旦有害生物入侵沈阳,暴发的可能性极大,并且极有可能扩散到沈阳周边的其它地区,对当地的植被构成威胁。因此,有必要按照一个统一的评价体系对沈阳市有害生物的风险进行评估。

现结合沈阳市的实地情况,构建了沈阳市绿地有害生物风险分析体系并对沈阳市有害生物光肩星天牛进行了风险分析。

1 沈阳市绿地有害生物风险分析体系的构建及应用

1.1 风险评估模型的建立

由于缺乏沈阳市绿地有害生物的历史数据,传统虫害的风险评估方法,如农业气候相似度分析^[5]、类推法^[8]、方程模拟法^[9]等难以直接应用。多指标综合评价体系所需的定量信息容易获得,模型的算法较为简单,能从定性的分析中得到定量分析所得结果的特征。因此,在建模时以多指标综合评价体系为框架,结合沈阳市绿地生态系统的特点及有害生物的危害过程,将这些体系中的指标和算法进行了适当调整和修改,构建沈阳市绿地有害生物的风险评估模型。

1.1.1 建立评价指标 国际大地测量学与地球物理学联合会(IUGG)风险评价委员会把风险定义为:对健康、财产和环境等不利事件发生的概率及可能后果的严重度^[10],并表示为:Risk=Probability•Consequences,将其引入到有害生物风险分析领域,即某种有害生物的风险值R等于该有害生物

收稿日期:2011-09-01

基金项目:沈阳市科技计划资助项目(20080092)

第一作者简介:华旭(1985-),男,辽宁省鞍山市人,硕士,从事有害生物风险分析研究。E-mail:huaxu19850219@126.com。

通讯作者:刘广纯(1959-),男,辽宁省沈阳市人,博士,教授,博士生导师,从事害虫防治研究。E-mail:liugc@yahoo.cn。

危害严重度 C 及发生这种危害的几率 P 的乘积, 为了便于 R 的分级, 将公式调整为 $R = (C \cdot P)^{1/2}$ 。

有害生物的危害过程一般分为 3 个阶段: 入侵阶段、定殖阶段和扩散发展阶段。因此, 对于有害生物的风险性 P , 设立 3 个一级指标: 入侵风险性 P_1 、定殖风险性 P_2 和扩散发展风险性 P_3 。将每个一级指标细分为若干二级指标, 参评的二级

指标分为 4 级, 各等级的赋分标准依次为 0、1、2、3。各二级指标及评判标准见表 1。

将有害生物的危害 C 分为 4 个方面: 有害生物的潜在危害 C_1 、对沈阳市景观(公园、旅游景点等)的危害 C_2 、对沈阳市绿化带和林地的危害 C_3 、对经济的危害 C_4 。将每个一级指标细分为若干二级指标, 各二级指标及评判标准见表 1。

表 1 沈阳市绿地有害生物风险分析二级指标及评判标准

Table 1 Secondindex and assessment standard of pest risk analysis of urban green space in Shenyang

序号 No.	评判指标 Index	评判标准及赋分标准 Assessment and assign value standard
P ₁₁	寄主调运情况	本地繁殖, $P_{11}=0$; 规模较小, 频次较低, $0 \sim 30\%$ 由外地调入, $P_{11}=1$; 规模和频次中等, $31\% \sim 60\%$ 由外地调入, $P_{11}=2$; 规模较大, 频次较高, 60% 以上由外地调入, $P_{11}=3$ 。
P ₁₂	寄主调运源地	寄主调运源地未发现过此有害生物, $P_{12}=0$; 调运寄主 $0 \sim 30\%$ 来自有害生物发生区, $P_{12}=1$; 调运寄主 $31\% \sim 60\%$ 来自有害生物发生区, $P_{12}=2$; 调运寄主 60% 以上来自有害生物发生区, $P_{12}=3$ 。
P ₁₃	有害生物被携带途径的多少	不可能被携带, $P_{13}=0$; $1 \sim 2$ 种途径, $P_{13}=1$; $3 \sim 5$ 种途径, $P_{13}=2$; 5 种途径以上, $P_{13}=3$ 。
P ₁₄	调运中有害生物的存活率	存活率为 0 , $P_{14}=0$; 存活率 $1\% \sim 20\%$, $P_{14}=1$; 存活率 $21\% \sim 50\%$, $P_{14}=2$; 存活率 50% 以上, $P_{14}=3$ 。
P ₁₅	沈阳市检疫部门的重视程度	足够重视, 不会疏漏, $P_{15}=0$; 重视程度一般, 有时会出现疏漏, $P_{15}=1$; 重视程度较低, 经常出现疏漏, $P_{15}=2$; 不重视, $P_{15}=3$ 。
P ₂₁	有害生物的繁殖能力	繁殖量极小, 多年 1 代, $P_{21}=0$; 繁殖量小, 1 a 1 代, $P_{21}=1$; 繁殖量中等, 1 a $2 \sim 3$ 代, $P_{21}=2$; 繁殖量大, 1 a 3 代以上, $P_{21}=3$ 。
P ₂₂	沈阳市的气候适宜度	不能生存, 有害生物不能完成其生活史, $P_{22}=0$; 难于生存, 有害生物较难完成其生活史, $P_{22}=1$; 可以生存, 有害生物可以完成其生活史, $P_{22}=2$; 容易生存, 有害生物容易完成其生活史, $P_{22}=3$ 。
P ₂₃	有害生物在沈阳市的寄主种类	无, $P_{23}=0$; $1 \sim 4$ 种, $P_{23}=1$; $5 \sim 10$ 种, $P_{23}=2$; 10 种以上, $P_{23}=3$ 。
P ₂₄	有害生物寄主在沈阳市的分布	占总绿地面积的 1% 以下, $P_{24}=0$; $2\% \sim 10\%$, $P_{24}=1$; $11\% \sim 50\%$, $P_{24}=2$; 50% 以上, $P_{24}=3$ 。
P ₃₁	有害生物的主动传播能力	不能主动传播, $P_{31}=0$; 主动传播能力弱, $P_{31}=1$; 主动传播能力一般, $P_{31}=2$; 主动传播能力强, $P_{31}=3$ 。
P ₃₂	有害生物的被动传播能力	无传播媒介, $P_{32}=0$; 土传, $P_{31}=1$; 由活力很强的介体传播, $P_{32}=2$; 风传, $P_{32}=3$ 。
P ₃₃	沈阳市有害生物的天敌种类	5 种以上, $P_{33}=0$; $3 \sim 5$ 种, $P_{33}=1$; $1 \sim 2$ 种, $P_{33}=2$; 无, $P_{33}=3$ 。
P ₃₄	沈阳市天敌的控制能力	控制能力强, $P_{34}=0$; 控制能力一般, $P_{34}=1$; 控制能力弱, $P_{34}=2$; 不能控制, $P_{34}=3$ 。
C ₁₁	国内的分布情况	国内无分布, $C_{11}=0$; 国内分布面积 $1\% \sim 10\%$, $C_{11}=1$; 国内分布面积 $11\% \sim 30\%$, $C_{11}=2$; 国内分布面积大于 30% , $C_{11}=3$ 。
C ₁₂	有害生物曾造成的危害损失	无, $C_{12}=0$; 100 万以下, $C_{12}=1$; 100 万 ~ 500 万, $C_{12}=2$; 500 万以上, $C_{12}=3$ 。
C ₁₃	是否为其它有害生物的传播媒介	不传代, $C_{13}=0$; 传代 1 种, $C_{13}=1$; 传代 $2 \sim 3$ 种, $C_{13}=2$; 传代 3 种以上, $C_{13}=3$ 。
C ₁₄	对寄主的危害面	只危害幼苗, $C_{14}=0$; 危害幼苗和小树, $C_{14}=1$; 危害幼苗、小树和中树, $C_{14}=2$; 危害幼苗、小树、中树和熟树, $C_{14}=3$ 。
C ₁₅	检疫和鉴定的难易	容易检疫, 方法可靠, 简便, $C_{15}=0$; 一般鉴定难度, $C_{15}=1$; 鉴定难度大, 不易发现, $C_{15}=2$; 无有效的方法检疫, $C_{15}=3$ 。
C ₂₁	景观的破坏程度	不造成破坏, $C_{21}=0$; 小, $C_{21}=1$; 中等, $C_{21}=2$; 大, $C_{21}=3$ 。
C ₂₂	景观破坏后的自然恢复时间	没有破坏, $C_{22}=0$; 30 d 内可恢复, $C_{22}=1$; 恢复时间为 $30 \sim 150$ d, $C_{22}=2$; 恢复时间为 150 d 以上, $C_{22}=3$ 。
C ₃₁	寄主的抗性	抗性强, $C_{31}=0$; 抗性一般, $C_{31}=1$; 抗性弱, $C_{31}=2$; 无抗性, $C_{31}=3$ 。
C ₃₂	从对寄主危害到导致寄主毁灭的历期	寄主寿命的 80% 以上, $C_{32}=0$; 寄主寿命的 $50\% \sim 80\%$, $C_{32}=1$; 寄主寿命的 $20\% \sim 50\%$, $C_{32}=2$; 寄主寿命的 20% 以下, $C_{32}=3$ 。

续表 1

序号 No.	评判指标 Index	评判标准及赋分标准 Assessment and assign value standard
C ₃₃	除害治理难度	难度小,可以根除,C ₃₃ =0;难度一般,可有效防治,C ₃₃ =1;难度大,防治效果差,C ₃₃ =2;难度极大,几乎不能防治,C ₃₃ =3。
C ₃₄	对寄主的危害导致绿化对调节气候、防尘降噪等环境改善功能方面的影响	无影响,C ₃₄ =0;小,C ₃₄ =1;中等,C ₃₄ =2;大,C ₃₄ =3。
C ₄₁	寄主的成本(由于有害生物的危害导致寄主重新种植而投入的费用)	无成本,C ₄₁ =0;成本低,C ₄₁ =1;成本中等,C ₄₁ =2;成本高,C ₄₁ =3。
C ₄₂	在有害生物监测与防治过程中投入的费用	无,C ₄₂ =0;100 万以下,C ₄₂ =1;100 万~500 万,C ₄₂ =2;500 万以上,C ₄₂ =3。
C ₄₃	对沈阳地区贸易造成的经济损失	无,C ₄₃ =0;100 万以下,C ₄₃ =1;100 万~500 万,C ₄₃ =2;500 万以上,C ₄₃ =3。

1.1.2 确定指标算法 分一级和二级指标评价算法。(1)二级指标评价值的计算 采用专家打分法,按照 1.1.1 中二级指标的评判标准及赋分标准,邀请一定数量的专家对各指标进行评分,然后取平均值,即为各指标的评价值;(2)一级指标评价值的计算 一级指标的评价值由其所属二级指标的评价值通过一定的数学关系来确定。

对于一级指标 P₁、P₂、P₃,各指标所属的二级指标互相影响,共同对所属的一级做出贡献,符合连乘原理^[2];对于一级指标 C₁、C₂、C₃、C₄,各指标所属的二级指标能独立地对所属的一级指标做出贡献,符合迭加原理^[2]。各一级指标的计算公式见表 2。

表 2 沈阳市绿地有害生物风险分析
各级指标算法及公式

Table 2 Algorithm and formula of index of pest risk analysis of urban green space in Shenyang

指标 Index	算法 Algorithm	公式 Formula
P ₁	连乘	$P_1 = (P_{11} \cdot P_{12} \cdot P_{13} \cdot P_{14} \cdot P_{15})^{1/5}$
P ₂	连乘	$P_2 = (P_{21} \cdot P_{22} \cdot P_{23} \cdot P_{24})^{1/4}$
P ₃	连乘	$P_3 = (P_{31} \cdot P_{32} \cdot P_{33} \cdot P_{34})^{1/4}$
C ₁	迭加	$C_1 = 0.2C_{11} + 0.2C_{12} + 0.2C_{13} + 0.2C_{14} + 0.2C_{15}$
C ₂	迭加	$C_2 = 0.5C_{21} + 0.5C_{22}$
C ₃	迭加	$C_3 = 0.25C_{31} + 0.25C_{32} + 0.25C_{33} + 0.25C_{34}$
C ₄	迭加	$C_4 = 0.3C_{41} + 0.35C_{42} + 0.35C_{43}$
P	连乘	$P = (P_1 \cdot P_2 \cdot P_3)^{1/2}$
C	迭加	$C = 0.2C_1 + 0.2C_2 + 0.3C_3 + 0.3C_4$

自此,有害生物风险评估模型已经建立,可用于沈阳市有害生物的风险分析。

1.2 光肩星天牛的风险评估

光肩星天牛(*Anoplophora glabripennis*)属鞘翅目,天牛科,沟胫天牛亚科,星天牛属。光肩星天牛是国际检疫性害虫^[11],也是国内重要的林木蛀干害虫^[12]。

利用 1.1 的模型对光肩星天牛的各项指标进行打分和计算,由于光肩星天牛在沈阳已有分布,故在实际打分过程中忽略入侵风险性 P₁,因此将

公式调整为 $P = (P_2 \cdot P_3)^{1/2}$,其它指标不变。

$$P_2 = (P_{21} \cdot P_{22} \cdot P_{23} \cdot P_{24} \cdot P_{25})^{1/4} = (1 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 2)^{1/4} = 2.1$$

$$P_3 = (P_{31} \cdot P_{32} \cdot P_{33} \cdot P_{34})^{1/4} = (1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 2)^{1/4} = 1.4$$
$$P = (P_2 \cdot P_3)^{1/2} = (2.1 \cdot 1.4)^{1/2} = 1.7$$

$$C_1 = 0.2C_{11} + 0.2C_{12} + 0.2C_{13} + 0.2C_{14} + 0.2C_{15} = 0.2 \cdot 3 + 0.2 \cdot 3 + 0.2 \cdot 0 + 0.2 \cdot 3 + 0.2 \cdot 1 = 2$$

$$C_2 = 0.5C_{21} + 0.5C_{22} = 0.5 \cdot 1 + 0.5 \cdot 1 = 1$$

$$C_3 = 0.25C_{31} + 0.25C_{32} + 0.25C_{33} + 0.25C_{34} = 0.25 \cdot 1 + 0.25 \cdot 2 + 0.25 \cdot 2 + 0.25 \cdot 1 = 1.5$$

$$C_4 = 0.3C_{41} + 0.35C_{42} + 0.35C_{43} = 0.3 \cdot 1 + 0.35 \cdot 1 + 0.35 \cdot 1 = 1$$

$$C = 0.2C_1 + 0.2C_2 + 0.3C_3 + 0.3C_4 = 0.2 \cdot 2 + 0.2 \cdot 1 + 0.3 \cdot 1.5 + 0.3 \cdot 1 = 1.4$$

$$R = (C \cdot P)^{1/2} = (1.7 \cdot 1.4)^{1/2} = 1.5$$

根据国际界定标准:R 值在 3.00~2.50 为特别危险,2.49~2.00 为高度危险,1.99~1.50 为中度危险,1.49~1.00 为低度危险,1.0 以下为无危险^[13]。对沈阳市光肩星天牛风险评价量化计算得出,R=1.5,故光肩星天牛是对沈阳市具有中度危险的有害生物。

2 结果与分析

扩散趋势方面,20 世纪 80 年代之前,光肩星天牛极少有大面积爆发的记录,当时该虫只是一般性害虫。目前,光肩星天牛已扩散到国内 224 个省市自治区,东北地区光肩星天牛分别向东部和北部扩散了 2 个经纬度以上^[17];潜在危害性方面,光肩星天牛具有食性杂、寄主种类多、世代长、隐蔽性强、天敌少、传播途径多等特点,其潜在的危险性很大;寄主植物方面,光肩星天牛危害的寄主树木可达 10 科 15 属,主要是杨属、柳属、榆属和槭属,这四大类树种在沈阳市均普遍分布,杨树和柳树是沈阳市绿化和造林的首选树种,园林中常作为风景树、行道树、庭荫树和四旁绿化树等,也是防风固沙林、固堤护岸林中常用的树种。因

此,光肩星天牛在沈阳市的寄主植物经济重要性较大;危险管理方面,光肩星天牛的隐蔽性极强,一生有 96%的时间是在树干内生活,只有 4%的时间暴露在外,由于成虫的暴露时间非常短,导致危害初期不易被发现,一旦表现出明显的被害状,则已失去防治的有利时机,而且寄主木一旦遭受侵害后,很少能恢复生机,这样就给风险管理工作带来一定的困难。通过 1.1 的模型计算出光肩星天牛的风险值为 1.5,是对沈阳市具有中度危险的有害生物,这与沈阳光肩星天牛的实际发生情况相吻合,说明所构建的体系对沈阳市的有害生物具有可行性,是目前条件下评估沈阳市有害生物风险的一种有效方法。

3 结论与讨论

近年来,在沈阳市的城区及沈阳世博园均有光肩星天牛分布的报道^[15-16],到目前为止没有其造成严重危害的报道,但光肩星天牛具有食性杂、寄主种类多、世代长、隐蔽性强、天敌少、传播途径多等特点,其潜在的危险性很大。依据 PRA 相关理论,结合沈阳市绿地生态系统的特点,构建出适用于沈阳市绿地的有害生物风险分析体系,并通过有害生物光肩星天牛对该体系进行了验证,得出的理论风险值与实际的发生情况基本吻合,该体系为客观评估沈阳市绿地有害生物的风险并制定相关的管理方案提供了有效方法。体系中风险因子(风险指标)的选择是以沈阳市绿地生态系统的特点及有害生物的危害过程作为依据,在今后的过程中,应根据不同的实际情况对体系中的指标作进一步的分析和修正,使体系更加科学合理,更加具有应用价值。此外,由于资料掌握的局限性,该体系仍以专家打分作为风险分析的

主要方法,在今后的研究中,应在此基础上,进行深入定量分析的研究。

参考文献:

- [1] FAO/IPPC. Glossary of phytosanitary terms [S]. ISPM NO. 5, 2002.
- [2] 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(4): 208-211.
- [3] 马晓光. 西北三省区部分地区杨树天牛风险分析初步研究[D]. 北京:北京林业大学, 1988.
- [4] Peter Lane Warren. Virginia Integrated Pest Management Expert for Wheat[D]. Blacksburg, USA: Virginia Polytechnic Institute and State University.
- [5] 魏淑秋. 农业气候相似距简介[J]. 北京农业大学学报, 1984, 10(4): 427-428.
- [6] Sutherst R W, Maywald G F. A computerized system for matching climates in ecology[J]. Agriculture Ecosystems and Environment, 1985, 13: 281-299.
- [7] 贾文明,周益林,丁胜利,等. 外来有害生物风险分析的方法和技术[J]. 西北农业科技大学学报:自然科学版, 2005, 33(z1): 195-200.
- [8] 肖悦岩. 病虫害监测与预测[J]. 植保技术与推广, 2002, 22(4): 40-41.
- [9] 马勇,徐鑫,徐文君,等. Logistic 方程模拟森林病虫害发生[J]. 辽宁林业科技, 2001(3): 17-18.
- [10] 万庆. 洪水灾害系统分析与评估[M]. 北京:科学出版社, 1999.
- [11] 阎俊杰,阎晖辉. 光肩星天牛生态控制模式的研究[J]. 河北农业大学学报, 1999(4): 83-87.
- [12] 高瑞桐,李国宏. 我国光肩星天牛研究回顾及发展趋势[J]. 昆虫知识, 2001(4): 252-258.
- [13] 章正. 输入小麦的有害生物风险分析[J]. 中国进出境动植物检疫, 1997(4): 7-14.
- [14] 王志刚,黄大庆,阎俊杰,等. 东北地区光肩星天牛的发生动态[J]. 东北林业大学学报, 2005, 33(6): 79, 92.
- [15] 邓丽琴,王月. 沈阳市城区园林树木病虫害调查[J]. 沈阳农业大学学报, 2005, 36(2): 180-184.
- [16] 付海滨,李俊环,姜莉,等. 沈阳世界园艺博览园园林害虫种类初步调查[J]. 辽宁林业科技, 2007(5): 30-32.

Establishment and Application of Pest Risk Analysis of Urban Green Space in Shenyang

HUA Xu, LIU Guang-chun

(Biological and Environmental Engineering College of Shenyang University, Shenyang, Liaoning 110044)

Abstract: Based on the system of multiple index comprehensive evaluation, combining characteristics of the urban green space ecosystem in Shenyang and hazard process of the pest, the system of pest risk analysis to urban greening ecosystem in Shenyang was established and a new model for analyzing the risk level of the pest was set up. The risk of *Anoplophora glabripennis* was evaluated by the system. The result showed that *Anoplophora glabripennis* was a moderate devastating pest for Shenyang in terms of its risk value ($R=1.5$). According to the actual occurrence of *Anoplophora glabripennis* in Shenyang, it proved that the system was a kind of effective method to evaluate the pest.

Key words: urban green space; pest risk analysis; *Anoplophora glabripennis*; Shenyang city