

基于 GIS 的紫茎泽兰空间扩散的风险分析

董良¹, 郑晓喆¹, 张志勇², 胡树发¹, 叶江霞¹, 周汝良^{1*}

(1. 西南林业大学地理学院, 云南昆明 650224; 2. 国家林业局南方航空护林总站普洱站, 云南普洱 665000)

摘要 [目的]分析紫茎泽兰空间扩散的风险。[方法]分析了影响紫茎泽兰传播及定植的生态条件,选择海拔、降雨、人为影响、10.8℃积温、林龄、郁闭度等为影响因子,构建了紫茎泽兰扩散传播、定植危害的空间评估模型。以昆明市为例,通过各生态因子的空间信息化处理、分析紫茎泽兰样点与各生态因子空间相关性,定量评估了其空间定植扩散的风险,并按定植扩散的潜在危害,将风险划分为:高风险区、中度风险区、轻度风险区及轻度以下风险区,制作了紫茎泽兰定植扩散风险等级地图。[结果]紫茎泽兰的湿度与降雨、平均温与积温具有共性因子,所以剔除湿度和平均温。风险适应区域在空间上具有极大的分异性,其中高风险区面积占比为24.26%,主要位于宜良、寻甸,中度风险区面积占比为28.39%,低风险区面积占比为47.35%。[结论]研究结果表明人为活动、交通网络是影响紫茎泽兰扩散传播的主导因素,气象因子是影响紫茎泽兰定植的关键。借助GIS及空间建模和模拟方法,能以精细化栅格单元进行空间连续化风险分析和预测,实现了有害生物发生发展的精细化预警,对综合防治管理及实践具有重要参考及指导意义。

关键词 紫茎泽兰;扩散;风险分析;空间连续化评估

中图分类号 S-3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)14-0012-04

Risk Analysis of Spread of *Eupatorium adenophorum* Based on GIS

DONG Liang¹, ZHENG Xiao-zhe¹, ZHANG Zhi-yong² et al (1. College of Geography, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224; 2. Southern Aviation Forest Station of State Forestry Administration, Pu'er Station, Pu'er, Yunnan 665000)

Abstract [Objective] To study the risk of spread of *Eupatorium adenophorum*. [Method] The ecological conditions affecting the propagation and establishment of *E. adenophorum* were analyzed. Factors such as altitude, rainfall, human influence, 10.8℃ accumulated temperature, forest age and canopy density were selected as the influencing factors, and the spatial evaluation model for dispersal and establishment of *E. adenophorum* was established. Taking Kunming City as an example, through the analysis of *E. adenophorum* samples and the ecological factors of the spatial correlation of spatial information processing, the ecological factors, quantitative assessment of the risk of space spread, and by diffusion and the possibility of potential harm, will spread the risk into the high risk area, middle risk area and low risk region. To make of *E. adenophorum* spread risk map. [Result] The humidity and rainfall, the average temperature and accumulated temperature of *E. adenophorum* had a common factor, so eliminating average temperature humidity. Risk adaptation regions had great spatial diversity. The area of high risk area was 24.26%, which was mainly located in Yiliang and Xundian. The proportion of moderate risk area was 28.39%, and the area of low risk area was 47.35%. [Conclusion] The results showed that human activities and traffic network were the main factors that influenced the spread and propagation of *E. adenophorum*, and meteorological factors were the key factors affecting the colonization of *E. adenophorum*. With the help of GIS and spatial modeling and simulation method, spatial risk analysis and prediction can be carried out with meticulous grid cells, and meticulous early warning for occurrence and development of pests is realized. It has important reference and guidance significance for comprehensive prevention and control management and practice.

Key words *Eupatorium adenophorum*; Spread; Risk analysis; Continuous spatial evaluation

紫茎泽兰(*Eupatorium adenophora* Spreng.)原产于美洲,分布在37°N~35°S。作为一种外来物种,其在广泛的热带、亚热带进行了爆发式的繁衍,自20世纪80年代通过自然传播的方式,经中缅边境传入我国云南省以来,仅半个世纪的时间,紫茎泽兰迅速扩散到了贵州、云南、四川、西藏、广西、台湾等地区,现今仍以60 km/a的速度向东、向北传播^[1]。由于其繁殖能力极强、传播速度快、群体自然演替能力强,极易在裸地等其他恶劣条件下存活和繁殖,并有极强的吸收和损耗土壤养分的能力^[2],属世界性恶性杂草^[3-5],对当地的生态环境造成明显破坏^[6-7]。其次,紫茎泽兰能在弃耕地上跳跃式传播,破坏土地的可耕性^[8],植株能释放多种化感物质,排挤其他植物生长等,破坏生物多样性^[9-11]。并且,紫茎泽兰能与入侵地土壤中的丛枝菌根真菌(AMF)互作与反馈,降低本土植被的竞争力,提高自身的竞争优势^[12-14]。此外,

其植株内的芳香和辛辣化学物质及一些尚不清楚的有毒物质对人体也具危害性^[15]。紫茎泽兰生态适应性极强,耐高温、耐寒、耐阴、耐旱,一般分布在22°~28°N、年均温在12.5~19.3℃的地区,最高耐受温达35℃,最低耐受温为-5℃,年降水在776~1800 mm的地区均可生长^[16]。紫茎泽兰在165~3000 m的海拔都可生长,1000~2000 m海拔处最适宜生长^[17]。故对该外来物种发生、传播机理及扩散定植风险评估进行研究对于有效防治显得尤为重要。万方浩等^[18]对紫茎泽兰入侵机理和控制策略进行了研究。易建平^[19]首先做过四川乐山紫茎泽兰的定植入侵和风险评估,对紫茎泽兰特性做了一定的研究,但无法从空间上精确地预测紫茎泽兰的风险区域。周俗等^[20]把一个区域看成内部均匀的空间单元,对紫茎泽兰分布从行政单元上以大范围、大尺度进行预测和分析,并且指出人为影响对紫茎泽兰的传播有积极作用。随着3S技术的发展,其被逐步应用到有害生物的风险评估及测报上。李军玲等^[21]进行了基于GIS的河南省冬小麦晚霜冻的风险评估;王峰等^[22]进行了基于GIS的云南松材线虫风险评估。韩阳阳等^[23]基于MAX-ENT模型利用温度、海拔、降雨等生态影响因子对外来入侵物种松材线虫进行了适应性分析;付小勇等^[24]基于MAX-

基金项目 林业科学技术推广项目([2016]52);国家自然科学基金项目(217127);云南省森林灾害预警与控制重点实验室开发基金项目(ZK1500011)。

作者简介 董良(1991—),男,湖南长沙人,在读硕士,从事地理信息系统开发与设计研究。*通讯作者,教授,硕士,硕士生导师,从事林业遥感研究。

收稿日期 2018-03-15

ENT 模型利用降雨、海拔、土地覆盖现状进行了适应性分析。虽然前人综合 3S 技术在有害生物风险评估上进行了大量研究,但对紫茎泽兰适生区域研究较少,特别是难以对区域内部的差异进行分析,无法进行精细化评估,将结果落实到山头地块,从而缺乏对防治实践的指导性。笔者以昆明市为例,借助 3S 技术,利用影响紫茎泽兰发生海拔、降雨、人为影响、 $10.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温、林龄、郁闭度等生态因子,通过对各因子的空间模拟及其影响的相关性分析,综合评估出空间 90 m 尺度上的风险值,并进行风险等级制图,该方法能精细地反映紫茎泽兰各类发生风险区位,从而为有害生物的综合防治决策及实践提供重要参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 昆明位于我国西南云贵高原中部,地理坐标为 $102^{\circ}10' \sim 103^{\circ}40'E$, $24^{\circ}23' \sim 26^{\circ}22'N$,市中心位于 $102^{\circ}42'31"E$, $25^{\circ}02'11"N$ 。昆明境内最高海拔 $4\ 247.7\text{ m}$,最低海拔 746.0 m ,大部分地区海拔在 $1\ 500 \sim 2\ 800\text{ m}$ 。昆明属北低纬度亚热带-高原山地季风气候,日照长、霜期短、年平均气温 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、年均日照 $2\ 200\text{ h}$ 左右、年降水量 $1\ 035\text{ mm}$ 、无霜期 240 d 以上。昆明市人口相对密集,人口的大规模流动有利于紫茎泽兰的传播。

1.2 数据采集与处理 收集昆明市 18 个气象站观测数据,利用空间建模与模拟的方法,结合 MODIS 卫星遥感影像数据,开展了 90 m 分辨率的地表气象场反演和模拟,生成了年均降雨场、 $10.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温模拟数据、年均温、湿度场,为紫茎泽兰生长气候适宜性建模提供了基础数据(图 1,2)。

收集昆明市近期的林业资源二调数据,随机选取 94 个分布有紫茎泽兰的样本点,80% 的样本点作为建模的样本点,20% 的样本点用于精度检验。采集样本点的龄组、郁闭度、紫茎泽兰发生程度,把发生程度进行量化,重度发生量化为 0.7,中度发生量化为 0.5,轻度发生量化为 0.3,作为建模的指标变量,同时,利用空间叠加分析,将样本点坐标与 $10.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温、年降雨、DEM 进行叠加,通过 GIS 空间抽样分析,获得 94 个样本点的气象、地理环境指标。收集昆明市的道路、居民区基础地理信息数据,借助 GIS 缓冲区分析,构建了 $0 \sim 100$ 、 $>100 \sim 300$ 、 $>300 \sim 800$ 、 $>800 \sim 2\ 000$ 、 $>2\ 000 \sim 5\ 000$ 、 $>5\ 000\text{ m}$ 的缓冲区,以上表达了人为活动传播紫茎泽兰的能力,叠加其他生物因子变量进行建模,并制作为量化地图,用同样的方法将其与 94 个样本点叠加,获得人为影响样本变量。

1.3 定植适宜性概率建模 上述 94 个样本点的海拔、 $10.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温、年降水、人为影响等均为紫茎泽兰扩散的自变量,紫茎泽兰发生风险为因变量,因变量取值为 $0 \sim 1.00$,按高风险量化为 $0.75 \sim 1.00$ 、中等风险为 $0.50 \sim <0.75$,低风险为 $0.30 \sim <0.50$,低风险以下为 $0 \sim <0.30$,利用样本数据及其生态变量值进行分析,并对变量作标准化处理,借助 SPSS 进行回归分析得到有害生物发生风险模型。并利用 GIS 技术制作了积温、降雨等环境因子图作为基础数据,参与最后发生概率的叠加分析计算。

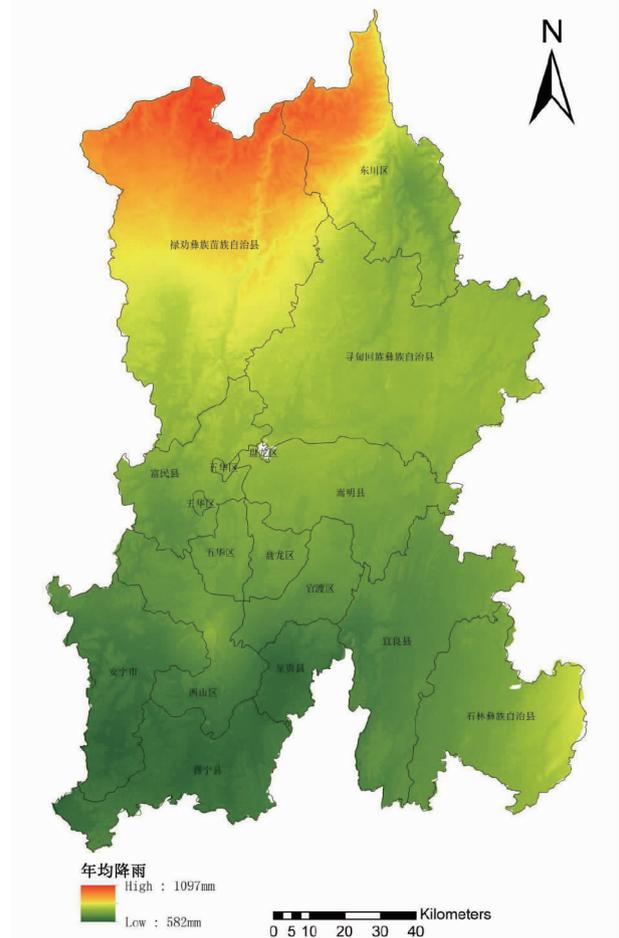


图 1 昆明市年均降雨

Fig. 1 The average annual rainfall in Kunming

1.4 人为影响扩散传播模型 紫茎泽兰会随人为活动转移而传播,汽车、火车等交通工具能协助紫茎泽兰种子进行跨地区传播。根据人口密集程度、铁路网、公路网、城镇分布等制成人影响模型。人为影响模型一定程度上表示了人口密集程度和人口移动路径。人为影响对紫茎泽兰的传播起到了一定的积极作用,其结果用量化地图表示。

1.5 综合风险模型建立 综合考虑紫茎泽兰的定植适宜性及扩散传播的可能性,以 GIS 叠加分析方法,综合分析出紫茎泽兰的空间分布风险值。在 ArcGIS 模型中计算得到紫茎泽兰适生性概率分布地图。将紫茎泽兰适生性概率分为 4 个等级:轻度以下风险区、轻度风险区、中度风险区、高风险区,并对不同的程度赋予不同的颜色,进行专题制图。

2 结果与分析

2.1 人为影响扩散传播风险格局 根据人为影响因子图(图 3)所示,宜良中部、盘龙区、官渡区、呈贡区、西山区、晋宁区、安宁区东部为人为活动密切区域;寻甸西部、禄劝区东北部、石林东部为人为活动不密切区域。

2.2 定植风险空间格局 根据 SPSS 降维因子分析,湿度场与降雨场、均温场与积温场具有共同因子,所以提出湿度场和均温场,再根据建模样点风险值及其各影响生态因子值,借助 SPSS 软件进行逐步回归,得到如下模型。

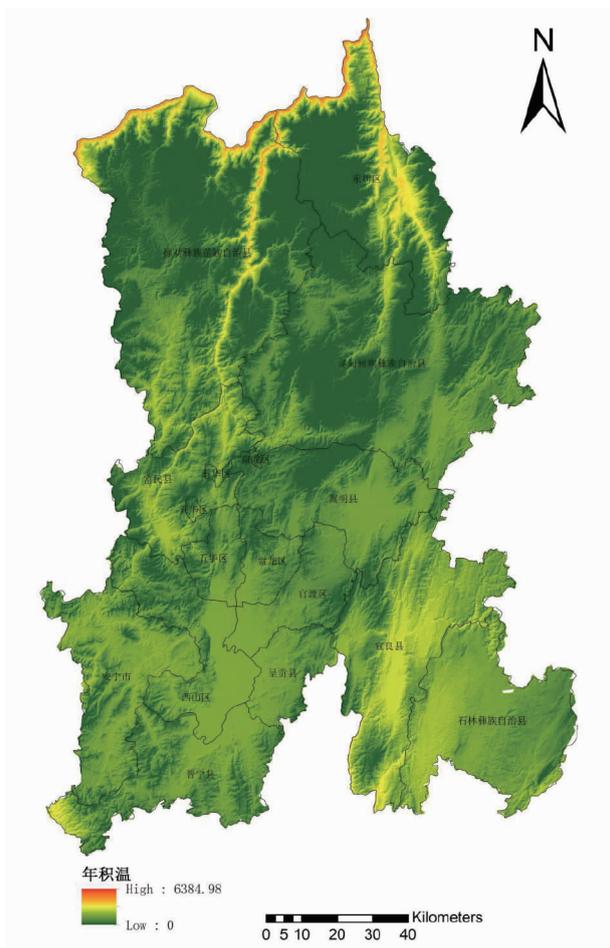


图2 昆明市年积温

Fig.2 Annual accumulated temperature in Kunming

$$Y = -172.05 + 0.52 \times LZ - 33.090 \times YBD + 93.835 \times RW + 0.261 \times JY + 0.004 \times JW - 0.004 \times DEM$$

式中, Y 表示紫茎泽兰发生概率; LZ 为树龄; YBD 为郁闭度; RW 为人为活动因子; JY 为年降雨; JW 为积温; DEM 为数字高程。

从模型中综合各个变量分析表明, 龄组贡献率为 36.05%、人为影响贡献率为 23.18%、降雨贡献率为 6.91%、积温贡献率为 4.51%, 以上为正相关, 即在样本区域内树木年龄、人为影响、降雨、温度这些指标越高, 越适宜紫茎泽兰生长; 高程贡献率为 3.60%、郁闭度贡献率为 25.67%, 以上为负相关, 即在样本区域内, 郁闭度越高、高程越大, 紫茎泽兰越不适宜。其中影响最大的变量是龄组。

昆明紫茎泽兰发生概率与环境因子值有比较大的响应关系, 这说明紫茎泽兰发生程度与环境因子有紧密联系。

2.3 紫茎泽兰风险格局 根据上述建立的适生模型, 得到整个昆明市空间 90 m 尺度上紫茎泽兰的风险格局图。

由图 4 可知, 紫茎泽兰在昆明市的发生风险区域具有明显的空间分异性, 这与区域的生态地理环境因子及人为活动的空间异质性是相关的, 但不同风险等级分布又具有一定的空间规律性, 其中高风险区为宜良县中部、环滇池区域、嵩明中部、寻甸中部、东川北部、禄劝北部, 高风险区域占总面积

24.26%; 中等风险区集中在呈贡西部、寻甸西北部、东川西部、石林西北部, 中度风险区域占总面积 28.39%; 低风险区分布在东川南部、禄劝南部、西山西部、安宁西部、宜良南部, 轻度风险区域占总面积 47.35%。

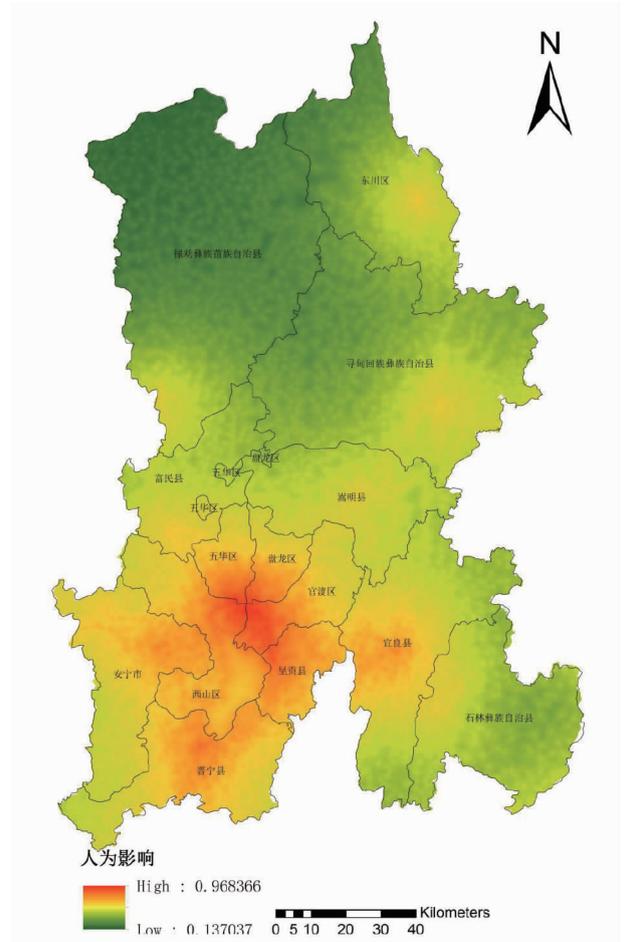


图3 昆明市人为影响因子

Fig.3 Anthropogenic influence factors in Kunming

昆明市有 50% 以上的区域适宜紫茎泽兰生长。紫茎泽兰生长不适宜区域的因素主要是海拔过高和温度不适宜。

综合以上结果表明, 容易定植区域为宜良县中部、环滇池区域、嵩明中部、寻甸中部、禄劝北部、呈贡西部、寻甸西北部、东川西北部、石林西北部。

3 讨论与结论

该研究利用各环境因子建模, 最后通过叠加分析制作紫茎泽兰发生概率模型, 能精细地把紫茎泽兰发生概率反映到极细的地理位置, 详细地反映其发生概率, 从而为基层防治紫茎泽兰提供发生概率区划。

通过余下 20% 样点数据进行精度检验, 代入模型后, 适生性概率基本符合二调样点数据的入侵发生程度。但是由于样本点总量较少, 预测结果的可靠性降低; 大部分样点来自宜良, 取样范围狭窄也会加大结果预测偏差。但是精度检验基本符合概率发生模型计算, 证明该方法有一定的可行性。

该模型有效地划分了县级区域内的紫茎泽兰适生性

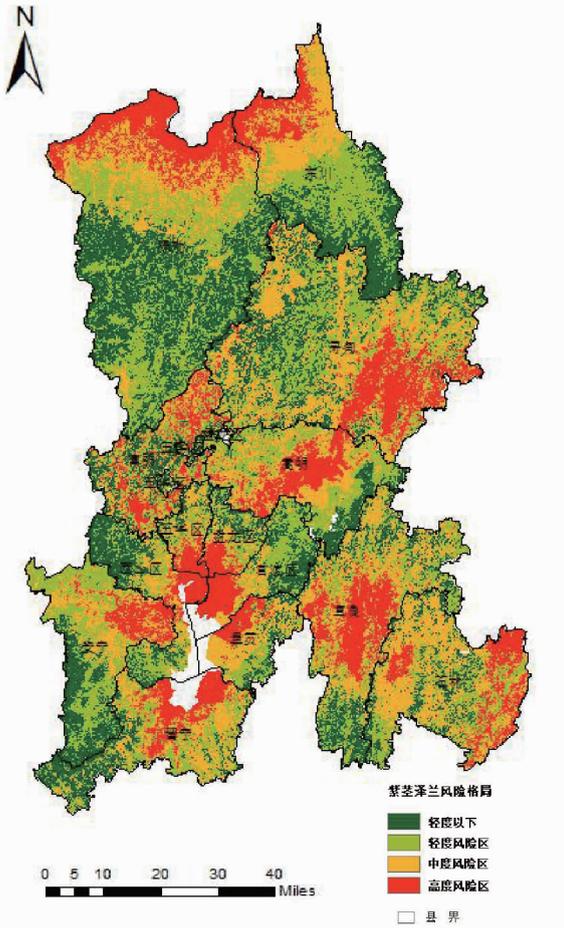


图 4 昆明市紫茎泽兰风险概率

Fig. 4 Risk probability of *E. adenophorum* in Kunming

等级,给出了具体的空间化分析与与预测,解决了精细化空间信息对紫茎泽兰的预测问题,能够很好地对基层防治工作给出指导建议。并能根据该模型建立有效风险预警机制,减少人力资源浪费和降低政府部门的决策难度,更合理地分配防护站,防止紫茎泽兰进一步扩散,减少经济损失和自然环境破坏。

紫茎泽兰的传播很大程度上依赖人为活动与迁移,自然风力、动物传播基本是呈辐射状向外传播,而人为传播是跨区域长距离传播。如今便利的交通网络给外来入侵物种紫茎泽兰传播提供了强有力的条件,所以防治紫茎泽兰的传播要从 2 个方面入手:一是减少传播,加强人们对紫茎泽兰危害的认识,减少人为传播,该研究中重度风险区和中度风险区的提出给防治紫茎泽兰传播的区域提供了一定程度的

支持;二是开发紫茎泽兰的利用方式,利用紫茎泽兰植株也是防治手段的延伸,如焚烧堆肥。只有当紫茎泽兰具有经济价值,才能增加对紫茎泽兰的利用,从而减少紫茎泽兰数量。

参考文献

- [1] 孙晓玉,陆兆华,桑卫国. 中国重要外来入侵种——紫茎泽兰研究综述[J]. 林业研究:英文版,2004,15(4):319-322.
- [2] LODGE D M. Biological invasions: Lessons for ecology[J]. Trends in ecology & evolution,1993,8(4):133-137.
- [3] 高贤明,王玉兰,余力. 外来入侵物种紫茎泽兰的生物生态学特征与防治途径[C]//中国植物学会七十周年年会论文摘要汇编(1933-2003). 北京:高等教育出版社,2003.
- [4] 王晓洁. 外来入侵物种——紫茎泽兰[J]. 中国林业,2005(11):24-25.
- [5] AHLUWALIA V, SISODIA R, WALIA S, et al. Chemical analysis of essential oils of *Eupatorium adenophorum* and their antimicrobial, antioxidant and phytotoxic properties[J]. Journal of pest science,2014,87(2):341-349.
- [6] 李彦. 外来入侵物种——紫茎泽兰[J]. 湖南农业,2016(3):30,21.
- [7] 蒋智林,邓丹丹,刘万学,等. 紫茎泽兰入侵对不同植物群落类型中昆虫多样性的影响[J]. 生态环境学报,2017,26(12):2008-2015.
- [8] 王崇云,潘燕,朱晓媛,等. 紫茎泽兰在弃耕地上的种子风传播与种群建立特征[J]. 杂草学报,2015(3):1-5.
- [9] VILÀ M, WEINER J. Are invasive plant species better competitors than native plant species? Evidence from pair-wise experiments[J]. Oikos,2004,105(2):229-238.
- [10] 马金虎,杨文秀,孙亮亮,等. 紫茎泽兰提取物对 3 种杂草化感胁迫的生理机制[J]. 生态学报,2018,38(10):1-10.
- [11] 李霞霞,张钦弟,朱均之. 近十年入侵植物紫茎泽兰研究进展[J]. 草业科学,2017,34(2):283-292.
- [12] 李立青,张明生,梁作朋,等. 丛枝菌根真菌促进入侵植物紫茎泽兰的生长和对本地植物竞争效应[J]. 生态学报,2016,35(1):79-86.
- [13] 肖博,周文,刘万学,等. 紫茎泽兰入侵地土壤微生物对紫茎泽兰和本地植物的反馈[J]. 中国农业科技导报,2014,16(4):151-158.
- [14] 王桔红,张丽娜,陈学林,等. 入侵植物对根际土壤微生物群落影响的研究进展[J]. 生态学报,2016,35(6):204-210.
- [15] 宋启示,付均,唐建维,等. 紫茎泽兰的化学互感潜力(英文)[J]. 植物生态学报,2000,24(3):362-365.
- [16] 黄梅芬,奎嘉祥,徐驰,等. 紫茎泽兰的生态学研究概况[J]. 杂草科学,2008(1):1-5.
- [17] 吴志红,覃贵亮,邓铁军. 广西局部地区紫茎泽兰的入侵定植及风险评估[J]. 西南农业学报,2004,17(4):469-471.
- [18] 万方浩,刘万学,郭建英,等. 外来植物紫茎泽兰的入侵机理与控制策略研究进展[J]. 中国科学(生命科学),2011,41(1):13-21.
- [19] 易建平,印丽萍,李大春,等. 四川乐山地区紫茎泽兰的入侵定植和风险评估[J]. 植物检疫,2003(6):333-336.
- [20] 周裕,唐川江,侯太平,等. 紫茎泽兰传播规律研究[J]. 四川畜牧兽医,2006,33(5):30-31.
- [21] 李军玲,张弘,曹淑超. 基于 GIS 的河南省冬小麦晚霜冻风险评估与区划[J]. 干旱气象,2015,33(1):45-51.
- [22] 王峰,王志英,喻盛甫. 基于 ArcView GIS 的松材线虫传入云南风险评估[J]. 云南农业大学学报,2007,22(5):639-644.
- [23] 韩阳阳,王焱,项杨,等. 基于 Maxent 生态位模型的松材线虫在中国的适生区预测分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2015,39(1):6-10.
- [24] 付小勇,桑泽梓,周晓,等. 基于 MaxEnt 的云南省薇甘菊分布预测及评价[J]. 广东农业科学,2015,42(12):159-162.

科技论文写作规范——引言

扼要地概述研究工作的目的、范围、相关领域的前人工作和知识空白、理论基础和分析、研究设想、研究方法和实验设计、预期结果和意义等。一般文字不宜太长,不需做详尽的文献综述。在最后引出文章的目的及试验设计等。“引言”两字省略。