

两种不同生境对豚草入侵影响的实验研究

郭涛¹, 邝继云¹, 吕洁杰¹, 廖斌^{2*}

(1.海南省农村环保能源站, 海南 海口 570203; 2.中山大学生命科学学院, 广东 广州 510006)

摘要:什么样的生境更有利于外来植物入侵,一直是入侵生态学重点关注的问题。本研究以豚草为实验入侵植物,探讨生境与豚草入侵的关系。通过人工草地群落试验发现,豚草入侵物种多样性水平为1、4、9、16四个不同人工植物群落与入侵有土壤种子库的裸地生境相比,其生物量平均减少 $590\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、植株高度平均降低 43.7 cm 、成活率平均降低 21.4% ,其在群落中的优势度平均降低 0.695 。说明已有植物群落定居的生境对豚草的入侵有强烈的抵御作用。由此推断豚草入侵裸地时,生境中存在大量的空余生态位,豚草很容易成为单优势物种,而豚草入侵已有植物群落的生境时,现有植物物种已占据了大量的生态位空间,其入侵性明显降低。研究结果揭示,对外来入侵植物的管理和防控上应采取以预防为主策略,营造多样化的本地植物群落,减少人为裸地存在时间,可阻挡或延缓外来植物的入侵。

关键词:人工草地群落;植物入侵;生物多样性;豚草;入侵抵御

中图分类号:Q948.12

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2015)05-0511-06

doi: 10.13254/j.jare.2015.0086

Effect of Two Different Habitats on Ragweed Invasion

GUO Tao¹, KUANG Ji-yun¹, LÜ Jie-jie¹, LIAO Bin^{2*}

(1.Rural Environmental Protection and Energy Station of Hainan Province, Haikou 570203, China; 2.School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Identifying the sensitive habitats with high invasibility is critical for management of biological invasion. Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* Linn.) has been identified as one of the most dangerous invasive exotic species in many countries throughout the world. The experiment took ragweed as a model invader to reveal the community invasibility of different habitats. Compared with bare plots, the biomass, plant height, survival rate, and community dominance of ragweed were reduced by $590\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, 43.7 cm , 21.4% and 0.695 respectively when they invaded communities with four resident species richness (species richness level: 1, 4, 9, 16). The results suggested that the presence of native species had strong negative effects on the performance of the invader species. The presence of native species occupied the niche space and left few empty niches for the colonization of the invaders. The results revealed that planting native species in bare soils, and maintaining the native communities with high diversity, was effective strategies to control the invasion of exotic species.

Keywords: artificial grassland assemblages; plant invasion; species richness; ragweed; invasion resistance

外来生物入侵已成为全球关注的焦点问题,1992年世界生物多样性保护组织开始认为“外来物种入侵是继生境破坏之后对生物多样性的第二大严重威胁”^[1]。生物入侵可以看作是一种特殊形式的生物污染,因为生物入侵可导致某些本地敏感物种的灭绝^[2],降低生物多样性,改变原有的生物群落组成及生物地

理分布^[3],改变原有自然生态系统的结构与功能^[4-5],使生态系统服务功能降低或者彻底丧失^[6-7]。生物入侵也会影响农林业生产,造成严重的经济损失^[8-9],进而危及人们的生活安全^[10]。因此,在充分认识外来物种入侵造成危害的前提下,研究入侵机理,探讨控制和解决外来生物入侵的问题是当今科学界的一项迫切而又严峻的课题。

长久以来,干扰都被认为是引起外来植物入侵的重要原因,人们认为干扰可以降低物种之间的竞争力,并释放植物可利用资源^[11]。存在干扰的生境总是比没有干扰的地方发生更多的入侵事件^[12],并且大量

收稿日期:2015-03-29

作者简介:郭涛(1981—),男,山东潍坊人,博士,农艺师,主要研究方向为农业环境保护、外来有害生物入侵防控、农业野生植物保护及农村能源管理等方面。E-mail: gtfree@126.com

*通信作者:廖斌 E-mail: liaobin2005@126.com

的实验研究已经证明,不管在陆地生态系统^[13]还是在水生生态系统^[14]内,干扰都会对生境的可入侵性有直接的作用。干扰同样会通过直接减少物种数量和降低优势物种的优势地位等方式来影响群落物种多样性。

火灾、泥石流等自然灾害和采伐、开荒等人类生产活动这些严重干扰生境事件的发生,往往造成局部地区生态系统的极大破坏,动植物群落组成和结构会发生极端改变^[15]。而自然植被演替的过程促使了这类接近次生裸地的生境的植被再定植的发生,这时外来植物和本地植物会有同样的几率同时入侵该生境。然而,这种严重生境干扰事件发生是否一定有利于外来植物的入侵呢?答案是不确定的。Gosper 等^[16]研究发现,大火过后的生境内的确会有外来植物的侵入,但是真正提高入侵率的原因是火因子干扰提高了土壤营养水平和外来植物相对的繁殖体数量从而促使入侵发生,而非火灾本身的直接作用。相反,可以通过周期性的火因素来控制部分不耐火外来植物的入侵^[17]。

豚草是菊科豚草属的一种非常难以控制和消灭的高危害性杂草,具有很强入侵能力的一年生植物,该种起源于美国南部和墨西哥北部的索诺兰沙漠地区,现已广泛分布于美洲、亚洲、澳洲和大西洋群岛的许多国家和地区,对欧亚大陆的危害早已臭名昭著^[18]。虽然外来植物入侵会发生于各种类型的生境中,但研究发现,不同生境类型的外来种入侵状况却不尽相同,有的生境中外来物种较多,有的生境内则较少被入侵^[19-20]。然而,什么样的生境更容易被外来物种入侵呢?本文通过设计不同多样性梯度的人工草地群落控制实验,来验证不同生境对豚草入侵的影响,并提出在实际生产中防控豚草的建议。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验样地布置于广东省封开县西部一块旱作农田上,中心地理坐标 111°48'40"E,23°31'19"N。该实验区地处亚热带季风气候区内,年平均降雨量约 1 480 mm,年平均气温 20.9 °C,土壤类型为红壤土。实验材料选择该区气候条件下可以生长的 16 种草本植物作为本地种,豚草(*Ambrosia artemisiifolia* Linn.)作为本实验的入侵种,实验植物的繁殖体均为种子(表 1)。

1.2 试验设计

豚草入侵 2 种不同生境:(1)豚草与本地植物以种子为繁殖体同时入侵人为裸地;(2)豚草以种子为繁殖体入侵已建成的本地草地群落。入侵裸地实验样方

表 1 草地实验中选择的物种

Table 1 Seventeen species used in this study

序号	中文名	拉丁名	简写
1	豚草	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> Linn.	Amb
2	地桃花	<i>Urena lobata</i> Linn.	Ure
3	粘毛黄花稔	<i>Sida mysorensis</i> Wight & Arn.	Sid
4	马蹄金	<i>Dichondra repens</i> Forst.	Dic
5	叶下珠	<i>Phyllanthus urinaria</i> Linn.	Phy
6	青葙	<i>Celosia argentea</i> Linn.	Cel
7	小鱼仙草	<i>Mosladianthera</i> (Buch.-Ham.) Maxim.	Mos
8	鬼针草	<i>Bidens pilosa</i> Linn.	Bid
9	黄麻	<i>Corchorus capsularis</i> Linn.	Cor
10	胜红蓟	<i>Ageratum conyzoides</i> Linn.	Age
11	截叶铁扫帚	<i>Lespedeza cuneata</i> (Dum.-Cours.) G. Don	Les
12	紫花苜蓿	<i>Medicago sativa</i> Linn.	Med
13	望江南	<i>Cassia occidentalis</i> Linn.	CasO
14	决明	<i>Cassia tora</i> Linn.	CasT
15	狼尾草	<i>Pennisetum alopecuroid</i> (Linn.) Spreng.	Pen
16	百喜草	<i>Paspalum notatum</i> Flugge.	Par
17	龙爪茅	<i>Dactylocten aegyptium</i> (Linn.) Beauv.	Dac

注:列表的物种按照功能组排序。物种的鉴定和拉丁名参照中国植物志网络版数据库信息(<http://www.cvh.org.cn/>)。

Note: Species are arranged by functional group: forbs, legume and grass. Nomenclature and codes follow the Chinese Virtual Herbarium database (<http://www.cvh.org.cn/>).

布置,采用随机区组试验设计(Randomized blocks design),在 1.3 hm²的地块上设置 3 个区组,每个区组内按照 1、4、9、16 四个物种多样性梯度(Species richness,简写“SR”,下同),从 17 个物种库中随机抽取物种组合。每个物种单种 3 个重复,共 48 个单种小样方,物种多样性为 4 和 9 的物种组合均为 30 个,物种多样性为 16 的物种组合为 12 个。然后,将每个物种组合播种在 1 m×1 m 的小样方上,播种种子 2 000 粒。自然生长 1 个植物生长周期过程中每隔 1 个月拔除 1 次杂草,统计每个物种生长表现。豚草入侵稳定群落的实验在第 1 个实验完成 1 年后进行,在抚育 1 年的不同多样性梯度的本地植物样方中,每个小样方播种 1 000 粒豚草种子,抚育 1 个生长周期后,统计每个物种的生物量、高度、株数。所有处理样方在野外开放环境共同抚育 1 个植物生长周期。

1.3 数据统计

豚草入侵成功率=生长出豚草的样方数×100%/豚草播种总样方数;

种子成活率=样方中植株数量×100%/播种种子数量;

优势度指数(Berger-Parker dominance index)(Berger and Parker 1970):

$$D=N_{\max}/N$$

式中: N_{\max} 为每个样方中最大丰富度物种的个体数量, N 为每个样方中所有物种的个体数量,用来计算所有物种在样地中的优势度表现。

文中使用SPSS 17.0及Excel软件对数据进行处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 豚草入侵成功率的差异

人工草地实验研究表明,不同生境条件对豚草入侵成功率的影响有很大差异(图1)。在豚草入侵裸地时,不管群落物种多样性水平是多少,豚草入侵群落的成功率都为100%,即全部入侵成功。而在豚草入侵已有植物定居的建成群落时,随群落物种多样性水平的增加,豚草入侵成功率呈现先升后降的趋势,在物种多样性水平为9的样方内,豚草的入侵成功率最高,达到86.4%左右,入侵成功率最低的情况则出现在单种的样方内(即只有其他一种植物跟豚草共生时),为71.4%左右。经统计分析发现,在4个物种多样性梯度下,人工裸地均比有建群的草地群落更有助于豚草入侵成功。(Mann-Whitney Rank Sum Test, SR=1: $P<0.05$; SR=4: $P<0.05$; SR=9: $P<0.01$; SR=16: $P<0.01$)。

2.2 豚草入侵2种生境下生长表现

豚草作为一种入侵性很强草本入侵植物,在入侵不同生境时,其在群落中表现差异显著(图2)。在入

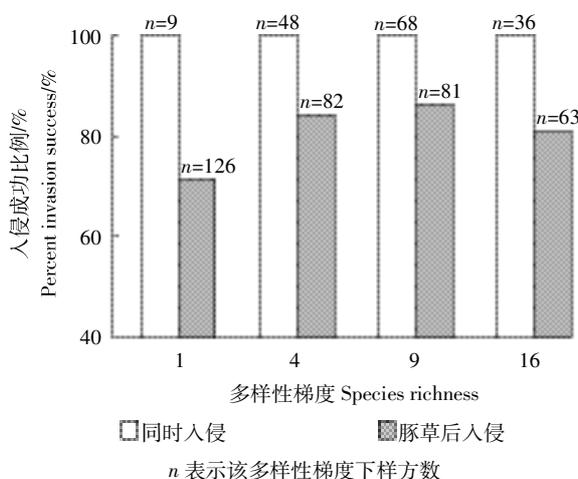


图1 豚草(*Amb*)入侵成功率比较

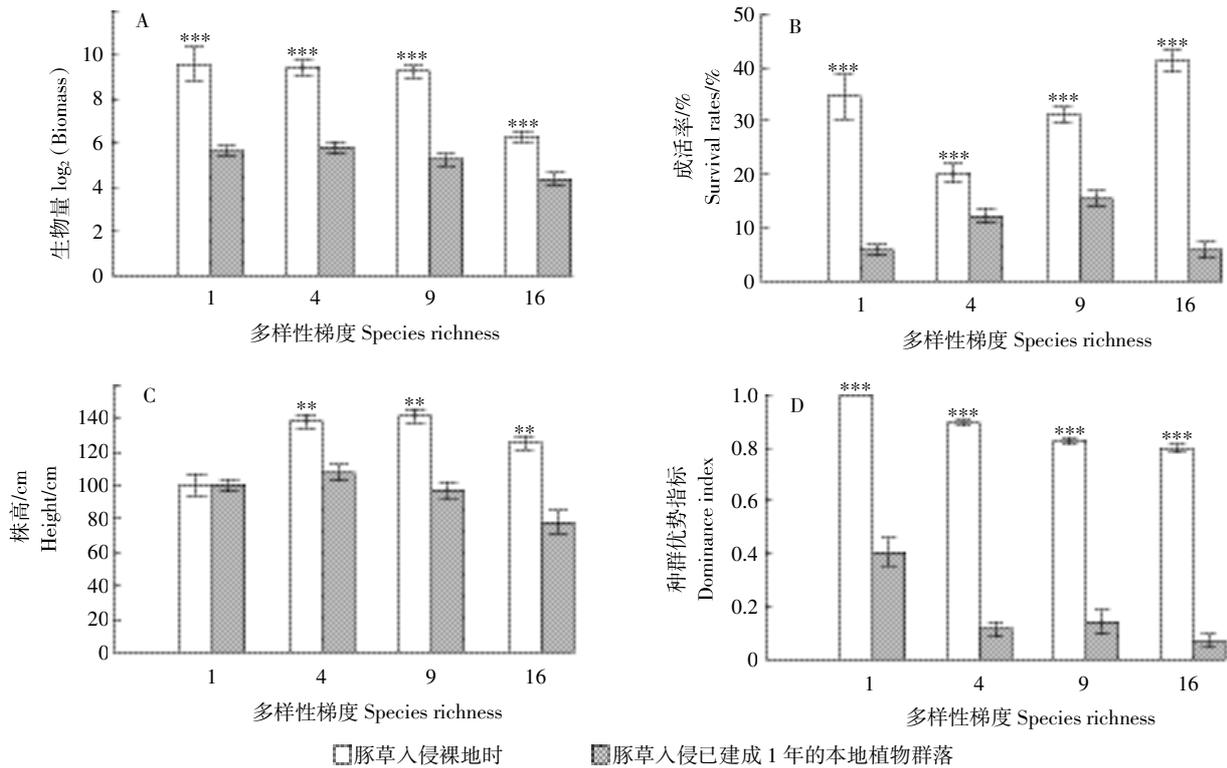
Figure 1 Percent invasion success of two different

Amb invasion orders at varying species richness treatments

侵人为裸地的实验处理时,在1、4、9、16四个物种多样性梯度样方内,每平方米样方中豚草生物量(干重)分别为 823.1 ± 104.4 g(平均值 \pm 标准误,下同)、 727.9 ± 32.6 、 641.8 ± 25.4 、 567.2 ± 30.4 g;以上生物量求对数($\log_2(\text{biomass})$)后分别为 9.6 ± 0.75 、 9.4 ± 0.32 、 9.3 ± 0.27 、 6.3 ± 0.24 ;其种子成活率分别为 $(34.6\pm 4.2)\%$ 、 $(20.3\pm 1.8)\%$ 、 $(31.0\pm 1.5)\%$ 、 $(41.2\pm 2.1)\%$;其植株高度分别为 100.4 ± 6.5 、 137.9 ± 4.0 、 141.6 ± 4.0 、 125.2 ± 3.8 cm;其在群落中的优势度指数分别为 1 ± 0 、 0.895 ± 0.01 、 0.827 ± 0.01 、 0.799 ± 0.02 。豚草生物量和种群优势度指数随物种多样性水平升高均呈现下降趋势,豚草植株高度随物种多样性水平上升呈现先升后降趋势,在多样性水平为9的样方内达到最高高度。豚草种子成活率随样方物种多样性水平升高呈现先降后升的趋势,在样方物种多样性水平为4时出现最低种子成活率(图2)。

而在入侵有植物定居的草地群落时,在1、4、9、16四个物种多样性梯度的 1 m^2 样方内,豚草生物量分别为 120.4 ± 12.9 、 120.0 ± 16.2 、 91.3 ± 12.5 、 65.7 ± 12.8 g;以上生物量求对数($\log_2(\text{biomass})$)后分别为 5.7 ± 0.23 、 5.8 ± 0.26 、 5.3 ± 0.26 、 4.4 ± 0.31 ;其种子成活率分别为 $(5.9\pm 1.0)\%$ 、 $(12.2\pm 1.3)\%$ 、 $(15.5\pm 1.4)\%$ 、 $(5.9\pm 1.6)\%$;其植株高度分别为 99.9 ± 3.6 、 107.7 ± 5.1 、 96.9 ± 5.0 、 77.6 ± 7.4 cm;其种群优势度指数分别为 0.405 ± 0.05 、 0.117 ± 0.03 、 0.142 ± 0.05 、 0.074 ± 0.02 。

从图2可见,在同等物种多样性水平下,豚草入侵人为裸地相比入侵有植物定居的群落,其生物量(Mann-Whitney Rank test, SR=1: $t=5.0$, $df=134$, $P<0.0001$; SR=4: $t=8.6$, $df=129$, $P<0.0001$; SR=9: $t=10.4$, $df=148$, $P<0.0001$; SR=16: $t=4.9$, $df=98$, $P<0.0001$,图2A)、种子成活率(SR=1: $t=6.6$, $P<0.0001$; SR=4: $t=3.5$, $P<0.001$; SR=9: $t=7.5$, $P<0.0001$; SR=16: $t=13.4$, $P<0.0001$,图2B)、植株高度(SR=1, $P>0.01$; SR=4: $t=4.6$, $P<0.001$; SR=9: $t=6.9$, $P<0.0001$; SR=16: $t=5.8$, $P<0.001$,图2C)、和种群优势度指数(SR=1: $P<0.0001$; SR=4: $t=31.01$, $df=68$, $P<0.001$; SR=9: $t=19.76$, $df=91$, $P<0.0001$; SR=16: $t=28.23$, $df=51$, $P<0.0001$,图2D)等生长指标均显著降低,说明豚草的入侵表现显著受到已有草地群落植物的抵御作用。豚草入侵已有群落的实验处理下,多样性为16的样方中豚草的生物量和植株高度均显著低于在单种和多样性为4的样方的值(生物量: $P<0.001$; 高度: $P<0.01$),说明群落物种多样性因素显著抑制了豚草生长表现,并且体现出物



图中数据为平均值±标准误。“**”:两种入侵之间差异 $P < 0.01$;“***”:两种入侵之间差异 $P < 0.0001$

图 2 豚草 (*Amb*) 生物量、成活率、高度和种群优势度指标对比

Figure 2 The biomass, survival rates, height and dominance of *Amb* between the two invasion situations (co- vs. post-) at varying species richness treatments

种多样性越高,对入侵植物的抵御作用越强烈。

3 讨论

许多成功入侵的外来植物一般发生在有大量可利用资源或者具有波动性资源的生境中,这种生境在可利用资源时间上的差异性为外来入侵植物定植提供了所需要的营养^[21-23]。增加的阳光、水分、土壤营养以及生存空间为外来植物的成功入侵创造了条件^[24-26],因为许多入侵植物会表现出比本地物种更高的资源利用能力和效率,面对同等机会出现的可利用资源时,外来入侵植物比本地植物往往有更出色的生长表现。而入侵种可以大量利用资源的机会就是当干扰事件发生或者在群落中有外来的资源的直接添加^[27]。当然,入侵种为了达到建立有效种群的目的,就必须有一定的策略使得该物种由原初较少的种群数量迅速上升到足够大。然而,对入侵种自身而言,再优良的策略也没有比环境中可利用资源大量供应更有效,并且生境中植物可利用资源越多,从定植到建群的过程所需要的时间就越短。

本实验结果支持以上观点,豚草入侵强烈干扰的

生境时比入侵已建成的植物群落具有更大的入侵成功几率,生长表现也明显地优于后者情况,并且对群落其他物种的入侵影响也会更大。出现这种现象的原因可能是入侵种本身特性决定了其生长迅速,抗逆性强,对资源的利用效率高等优点。在它们入侵由人为或者自然干扰形成裸地时,此时生境中存在大量的可利用资源,并且不同物种间竞争作用相对微弱,入侵种较之非入侵物种能更快速地形成优势种群,并产生强烈的入侵作用,并对其他物种的生长产生强烈的抑制作用。这样的实验结果提示我们在无法切断入侵途径的情况下,控制入侵阶段中最重要的步骤是尽量消除大面积裸地的长时间暴露。因为在人们的生产生活中严重干扰生境的情况是不可避免的,然而让新形成的干扰生境能快速建立本地物种的群落,就能较好地防止外来入侵物种形成有效种群。

外来物种的入侵一般会经过传播 (Transport)、定植 (Colonization)、建群 (Establishment) 和扩散 (Landscape Spread) 4 个阶段的过程^[28]。将外来入侵生物防治环节提前,更有利于有效控制或减少外来物种入侵成功的几率,切断外来物种传播的途径是防止外来物

种成功入侵最经济有效的手段。但是在当今社会经济活动如此频繁、交通工具如此发达的大背景下,这种防止外来物种入侵的措施越来越受到挑战^[29]。入侵过程的定植和建群两个阶段在时间上紧密相连,是形成爆发性入侵植物种群并发生重大危害的重要前提^[30-31]。在切断外来入侵生物传播途径的第一道防线失守后,通过适当干预入侵中间阶段来达到防止外来物种入侵的目的,对已经有豚草定居并发生危害的地方,需要通过合理的方式进行治理,如机械清除、化学局部杀灭和生物防治等措施单独或综合应用,重点推荐使用植物替代方法进行治理豚草入侵危害,尽量把入侵危害程度降到最低的同时不产生负面影响,也是防治外来入侵生物需要开展的重要工作。

4 结论

(1)人工草地群落实验中,豚草入侵人为裸地时,其种子成活率高,在草地群落中具有最大的生物量、植株高度和种群优势度。人为裸地为豚草入侵提供了良好的生境条件,豚草表现出很强的入侵性。

(2)豚草入侵已有的植物群落定居的生境时,受到现有植物群落的抵御作用,其入侵性显著降低,但是不能完全阻止豚草入侵。

(3)建议加倍重视丢荒农田、城镇郊区等外来入侵高风险区或生态敏感区域的外来入侵生物防治工作。这类区域干扰后,要利用“优先占据优先发展”的原则,及时培育多样性的本地物种植被,及时采取有效的综合措施,最大限度防治外来生物入侵和消除入侵危害。

参考文献:

- [1] Reddy C S. Biological invasion: Global terror[J]. *Current Science*, 2008, 94(10): 1235.
- [2] Lyons K G, Schwartz M W. Rare species loss alters ecosystem function-invasion resistance[J]. *Ecology Letters*, 2001, 4(4): 358-365.
- [3] Flory S L, Clay K. Non-native grass invasion alters native plant composition in experimental communities[J]. *Biological Invasions*, 2010, 12(5): 1285-1294.
- [4] Miehs A L J, Mason D M, Frank K A, et al. Invasive species impacts on ecosystem structure and function: A comparison of the Bay of Quinte, Canada, and Oneida Lake, USA, before and after zebra mussel invasion [J]. *Ecological Modelling*, 2009, 220(22): 3182-3193.
- [5] Wu Y T, Wang C H, Zhang X D, et al. Effects of saltmarsh invasion by *Spartina alterniflora* on arthropod community structure and diets[J]. *Biological Invasions*, 2009, 11(3): 635-649.
- [6] Zavaleta E S, Kettley L S. Ecosystem change along a woody invasion chronosequence in a California grassland[J]. *Journal of Arid Environments*, 2006, 66(2): 290-306.
- [7] Martin M R, Tipping P, Wand Sickman J O. Invasion by an exotic tree alters above and below ground ecosystem components[J]. *Biological Invasions*, 2009, 11(8): 1883-1894.
- [8] Pimentel D, Lach L, Zuniga R, et al. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States[J]. *Bioscience*, 2000, 50(1): 53-65.
- [9] Pimentel D, Zuniga R, Morrison D. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States [J]. *Ecological Economics*, 2005, 52(3): 273-288.
- [10] Fresard M, Boncoeur J. Costs and benefits of stock enhancement and biological invasion control: The case of the Bay of Brest scallop fishery [J]. *Aquatic Living Resources*, 2006, 19(3): 299-305.
- [11] Davis M A, Grime J P, Thompson K. Fluctuating resources in plant communities: A general theory of invasibility[J]. *Journal of Ecology*, 2000, 88(3): 528-534.
- [12] Huston M A. Management strategies for plant invasions: Manipulating productivity, disturbance, and competition[J]. *Diversity and Distributions*, 2004, 10(3): 167-178.
- [13] Belote R T, Jones R H, Hood S M, et al. Diversity-invasibility across an experimental disturbance gradient in Appalachian forests[J]. *Ecology*, 2008, 89(1): 183-192.
- [14] Clark G F, Johnston E L. Temporal change in the diversity invasibility relationship in the presence of a disturbance regime[J]. *Ecology Letters*, 2010, 14: 52-57.
- [15] Hobbs R J, Huenneke L F. Disturbance, diversity, and invasion: Implications for conservation[J]. *Conservation Biology*, 1992(6): 324-337.
- [16] Gosper C R, Yates C J, Prober S M, et al. Fire does not facilitate invasion by alien annual grasses in an infertile Australian agricultural landscape[J]. *Biological Invasions*, 2011, 13: 533-544.
- [17] Stevens J T, Beckage B. Fire effects on demography of the invasive shrub Brazilian pepper (*Schinus molle*) in Florida pine savannas[J]. *Natural Areas Journal*, 2010, 30(1): 53-63.
- [18] Simard M J, Benoit D L. Distribution and abundance of an allergenic weed, common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.), in rural settings of southern Quebec, Canada[J]. *Canadian Journal of Plant Science*, 2010, 90(4): 549-557.
- [19] Robinson S K, Thompson F R, Donovan T M, et al. Regional forest fragmentation and the nesting success of migratory birds[J]. *Science*, 1995, 267(5206): 1987-1990.
- [20] Mack R N, Simberloff D, Lonsdale W M, et al. Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences, and control[J]. *Ecological Applications*, 2000, 10(3): 689-710.
- [21] Davis M A, Grime J P, Thompson K. Fluctuating resources in plant communities: A general theory of invasibility[J]. *Journal of Ecology*, 2000, 88(3): 528-534.
- [22] Tilman D. Niche tradeoffs, neutrality, and community structure: A stochastic theory of resource competition, invasion, and community assembly[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2004, 101(30): 10854-10861.

- [23] Leishman M R, Thomson V P. Experimental evidence for the effects of additional water, nutrients and physical disturbance on invasive plants in low fertility Hawkesbury sandstone soils, Sydney, Australia[J]. *Journal of Ecology*, 2005, 93(1): 38–49.
- [24] Parendes L A, Jones J A. Role of light availability and dispersal in exotic plant invasion along roads and streams in the H J Andrews experimental forest, Oregon[J]. *Conservation Biology*, 2000, 14(1): 64–75.
- [25] Davis M A, Pelsor M. Experimental support for a resource-based mechanistic model of invasibility[J]. *Ecology Letters*, 2001, 4(5): 421–428.
- [26] Tritikova M, Güsewell S, Baltisberger M, et al. Distribution, growth performance and genetic variation of *Erigeron annuus* in the Swiss Alps[J]. *Biological Invasions*, 2011, 13(2): 413–422.
- [27] Dilleuth F P, Rietschier E A, Cronin J T. Patch dynamics of a native grass in relation to the spread of invasive smooth brome (*Bromus inermis*)[J]. *Biological Invasions*, 2009, 11(6): 1381–1391.
- [28] Theoharides K A, Dukes J S. Plant invasion across space and time: Factors affecting nonindigenous species success during four stages of invasion[J]. *New Phytologist*, 2007, 176(2): 256–273.
- [29] Lee J E, Chown S L. Breaching the dispersal barrier to invasion: Quantification and management[J]. *Ecological Applications*, 2009, 19(7): 1944–1959.
- [30] Ahern R G, Landis D A, Reznicek A A, et al. Spread of exotic plants in the landscape: the role of time, growth habit, and history of invasiveness[J]. *Biological Invasions*, 2010, 12(9): 3157–3169.
- [31] Huebner C D. Spread of an invasive grass in closed-canopy deciduous forests across local and regional environmental gradients[J]. *Biological Invasions*, 2010, 12(7): 2081–2089.

欢迎订阅 2016 年《中国农业科学》中、英文版

《中国农业科学》中、英文版是由农业部主管、中国农业科学院与中国农学会共同主办的综合性学术期刊。主要刊登农牧业基础科学和应用基础科学研究论文、综述、简报等。设有作物遗传育种·种质资源·分子遗传学;耕作栽培·生理生化·农业信息技术;植物保护;土壤肥料·节水灌溉·农业生态环境;园艺;贮藏·保鲜·加工;畜牧·兽医·资源昆虫等栏目。读者对象为国内外农业科研院所(所)、大专院校的科研、教学与管理人人员。

《中国农业科学》中文版为半月刊,影响因子、总被引频次连续多年居全国农业科技期刊最前列或前列位次。为北京大学图书馆 1992—2011 年连续 6 次遴选的核心期刊,位居《中文核心期刊要目总览》“农业综合类核心期刊表”的首位。1999—2008、2013—2014 年获“国家自然科学基金重点学术期刊专项基金”资助;2015 年获中国科协精品科技期刊工程项目资助。1999 年获“首届国家期刊奖”,2003、2005 年获“第二、三届全国期刊奖提名奖”;2002—2014 年先后 12 次被中国科学技术信息研究所授予“百种中国杰出学术期刊”称号;2009 年获中国期刊协会/中国出版科学研究院“新中国 60 年有影响力的期刊”称号;2010、2013 年荣获“第二、三届中国出版政府奖期刊提名奖”,2013 年获新闻出版广电总局“百强科技期刊”称号;2012、2013、2014 年获清华大学图书馆等“2012、2013、2014 中国最具国际影响力学术期刊”称号。

《中国农业科学》中文版大 16 开,每月 1、16 日出版,国内外公开发售。每期 208 页,定价 49.50 元,全年定价 1188.00 元。国内统一连续出版物号:CN11-1328/S,国际标准连续出版物号:ISSN 0578-1752,邮发代号:2-138,国外代号:BM43。

《中国农业科学》英文版(Agricultural Sciences in China, ASA),2002 年创刊,月刊。2012 年更名为《农业科学学报》(Journal of Integrative Agriculture, JIA)。2006 年 1 月起与国际著名出版集团 Elsevier 合作,全文数据在 ScienceDirect 平台面向世界发行。2009 年被 SCI 收录,2014 年 JIA 影响因子为 0.833。

JIA 大 16 开,每月 20 日出版,国内外公开发售。每期 180 页,国内订价 80.00 元,全年 960.00 元。国内统一连续出版物号:CN 10-1039/S,国际标准连续出版物号:ISSN 2095-3119,邮发代号:2-851,国外代号:1591M。

《中国农业科学》中、英文版均可通过全国各地邮局订阅,也可向编辑部直接订购。

地址:北京中关村南大街 12 号《中国农业科学》编辑部

邮编:100081;

电话:010-82109808,82106281,82105098;

传真:010-82106247

网址:www.ChinaAgriSci.com;

E-mail:zgnykx@caas.cn

联系人:林鉴非