

环境因子对三叶鬼针草与鬼针草种子萌发的影响

严文斌¹, 全国明^{1,2}, 章家恩^{1*}, 康小武¹, 郭靖¹

1. 华南农业大学热带亚热带生态研究所, 农业部华南热带农业环境重点实验室, 广东省高等学校农业生态与农村环境重点实验室, 广东 广州 510642;

2. 广州城市职业学院城市建设工程系, 广东 广州 510405

摘要: 三叶鬼针草(*Bidens pilosa*)是一种入侵性较强的外来杂草, 现已在我国华南地区广泛蔓延。采取野外调查与室内实验相结合的方法, 研究了三叶鬼针草与土著种鬼针草(*Bidens bipinnata*)的繁殖特征与种子萌发特性。结果表明: 与土著种鬼针草相比, 三叶鬼针草的分枝能力强, 分枝数量多, 并能够产生数量更高、质量更轻的种子。三叶鬼针草、鬼针草的最适萌发温度分别为20~30℃、10~25℃, 其萌发率均高达92.00%以上, 高温(30~40℃)不利于两种杂草种子的萌发, 但土著种受到的抑制作用更强。两种杂草种子均在全光处理下获得最高萌发率, 除全黑暗处理外, 环境光强变化对三叶鬼针草的种子萌发影响不明显, 但25%弱光导致鬼针草的萌发率显著下降。轻度干旱($\rho(\text{PEG}) \leq 0.10 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$)对两种杂草种子的萌发影响不大, 中度干旱($\rho(\text{PEG}) = 0.15 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$)能够降低其种子萌发率, 但相对而言, 三叶鬼针草的萌发率降幅较小。两种杂草种子的萌发对pH的适应范围较广, 只有pH 2.0的强酸性溶液才造成其种子萌发率显著下降。外界过高的N、P养分对两种杂草种子的萌发均产生不利影响, 尤其是N素过高对土著种鬼针草种子萌发的抑制作用更强。掩埋处理能够抑制两种杂草种子的萌发, 当埋藏深度达3.0 cm时, 所有的种子均不能正常萌发与出苗, 但在土壤表面, 三叶鬼针草的萌发势要显著高于鬼针草。

关键词: 生物入侵; 三叶鬼针草; 鬼针草; 种子萌发

中图分类号: Q948

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2013) 07-1129-07

引用格式: 严文斌, 全国明, 章家恩, 康小武, 郭靖. 环境因子对三叶鬼针草与鬼针草种子萌发的影响[J]. 生态环境学报, 2013, 22(7): 1129-1135.

YAN Wenbin, QUAN Guoming, ZHANG Jiaen, KANG Xiaowu, GUO Jing. Effects of environmental factors on seed germination of *Bidens pilosa* and *Bidens bipinnata* [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2013, 22(7): 1129-1135.

三叶鬼针草(*Bidens pilosa*), 为一年生或多年生菊科鬼针草属草本植物, 原产于热带美洲, 是入侵性较强的外来入侵种。1857年在香港首次被报道, 至今已广泛入侵我国的华东、中南、西南以及河北等地^[1]。因其生命周期短、繁殖迅速、生态适应性强, 在入侵地能够短时间内形成大面积密集丛生的单优植物群落, 对生物多样性、生态系统安全和区域经济发展等均造成不同程度的危害^[2]。随着全球变暖、酸雨等环境问题日渐突出, 三叶鬼针草在我国的蔓延速度加快, 危害日趋严重。因此, 对三叶鬼针草开展系统、深入的科学研究工作已显得十分必要和紧迫。

然而, 目前国内外大多数学者的研究工作主要集中在三叶鬼针草的化学成分^[3-4]、药用价值^[5-7]、化感作用^[8-10]、重金属吸附性能^[11-12]以及生态适应性^[13-14]等方面, 对三叶鬼针草入侵机制方面的研究较少。植物的繁殖能力与种群的维持、扩散关系

密切, 而种子萌发是植物发育过程中的关键阶段, 对植物种群的建立、竞争有着重要的影响。菊科入侵植物的快速蔓延更与其种子繁殖特性密切相关, 因为种子繁殖是菊科入侵种延续后代的主要途径^[2]。而植物种子萌发虽主要受遗传因素决定, 但同时亦受到环境条件的制约, 环境因子如温度、水分、pH、埋藏深度等都对其萌发产生重要作用^[15-16]。前人研究表明, 多数入侵植物的种子产量高, 萌发速度快, 对环境变化的适应能力强^[17-18]。但三叶鬼针草的繁殖能力、种子萌发究竟有何特点? 它在入侵扩散过程中如何适应各种环境因子的影响作用? 迄今为止尚缺乏相应的研究报道。本文以同属的伴生土著种鬼针草(*B. bipinnata*)作对照, 通过野外调查与室内模拟相结合的方法, 系统研究了三叶鬼针草的有性繁殖能力以及环境因子对其种子萌发特性的影响效应, 旨在从繁殖生态学的角度阐明其入侵机制。

基金项目: 国家重大基础研究计划(973)课题(2011CB100406); 国家自然科学基金项目(U1131006; 30800134; 30770403); 教育部博士点基金项目(20124404110009); 广东省高等学校高层次人才项目(粤教师函[2010]79号)

作者简介: 严文斌(1986年生), 男, 硕士研究生, 主要从事农业生态学的研究。E-mail: 38050990@qq.com

*通信作者: 章家恩, 男, 教授, 博士生导师, 主要从事农业生态学、土壤生态学与生物多样性的研究。E-mail: jeanzh@scau.edu.cn

收稿日期: 2013-01-14

1 材料与方 法

1.1 三叶鬼针草与鬼针草的种子生产与形态特征

2010年11月于广州市华南植物园附近荒坡,分别选择两种杂草的单优群落,调查典型植株的种子生产特性,包括株高、分枝数量、每株小花数、每朵小花的种子数等指标。同时采集成熟、饱满、无病虫害的种子,在实验室测定种子的千粒质量、长度后贮于4℃冰箱备用。

1.2 三叶鬼针草与鬼针草的种子萌发特性

两种植物种子萌发特性的室内实验于2011年4—8月在人工气候箱内(RXZ型)进行,相对湿度70%,光照/黑暗时间各12 h·d⁻¹,光照度3级(38 μmol·m⁻²·s⁻¹),温度25℃。除了埋藏深度的处理外,其余处理均采用纸皿法。每个培养皿(直径12 cm,内垫2层滤纸)分别放置50粒种子,每个处理4个重复,以胚根露出种皮1 mm作为数据统计标准,每隔24 h统计种子的萌发数,直到持续3 d再无种子萌发为止,并计算种子的萌发势和萌发率。

萌发势=(实验最初1/3时间内的发芽种子数/供试种子数)×100%;

萌发率=(萌发实验结束后发芽种子总数/供试种子数)×100%。

1.2.1 温度对两种杂草种子萌发的影响

采用纸皿法,设10、15、20、25、30、35、40℃共7个处理水平,每2 d添加1 mL蒸馏水,以保持滤纸湿润。

1.2.2 光照对两种杂草种子萌发的影响

采用纸皿法,设高光照(194 μmol·m⁻²·s⁻¹)、中光照(92 μmol·m⁻²·s⁻¹)、低光照(48 μmol·m⁻²·s⁻¹)、黑暗(0%光照)4个处理梯度。中、低光照处理分别以不同层数的白纱布包裹实现,黑暗处理是用3层锡纸包裹实现。培养一个星期后,统计萌发数据。

1.2.3 水分胁迫对两种杂草种子萌发的影响

采用纸皿法,将PEG-6000(聚乙二醇)溶于蒸馏水中模拟水分胁迫处理。共设0(CK)、0.05、0.10、0.15、0.20、0.25 g·mL⁻¹6个处理水平,每2天更换1 mL相应浓度的PEG-6000溶液,以维持溶液渗透势的恒定。

1.2.4 pH对两种杂草种子萌发的影响

采用纸皿法,设pH 2.0、3.0、4.0、5.0、6.0、7.0共6个处理水平,不同pH值的水溶液先用浓H₂SO₄和浓HNO₃按摩尔比4:1配成母液,然后加蒸馏水稀释配制而成,实验期间每2 d换1 mL相应pH值的水溶液。

1.2.5 营养条件对两种杂草种子萌发的影响

采用纸皿法,设置N、P二组处理。N、P梯度处理分别以NH₄NO₃、KH₂PO₄的形式添加,均设

0(CK)、0.1、0.5、1.0、1.5 g·L⁻¹共5个N(P)水平。每2天更换1 mL相应浓度的营养溶液,以保证养分条件的一致性。

1.2.6 埋藏深度对两种杂草种子萌发的影响

采用砂培法,把采回的河砂过2 mm筛、洗涤后晒干,装入宽口塑料杯(9.5 cm上口径×6.0 cm下口径×12.5 cm高),每盆装沙600 g。种子的埋藏深度设0、0.5、1.0、2.0、3.0 cm共5个处理水平,每杯均匀播入50粒种子,每处理4个重复,置于室内自然萌发。期间浇灌适量的标准Hoagland营养液,以保证营养、水分的正常供应,持续进行到连续3 d再无幼苗出土为止,统计出苗数。

1.3 数据处理

实验数据处理均在Microsoft Excel上完成,同一环境因子、同一物种的不同处理通过SPSS13.0(one way ANOVA)进行方差分析,并采用Duncan新复极差法进行多重比较。同一环境因子、不同物种间的处理通过SPSS 13.0(Independent-samples T Test)进行方差分析。

2 结果分析

2.1 三叶鬼针草与鬼针草的种子生产与形态特征

表1结果显示,两种杂草的株高接近,均在120 cm以上,差异不显著。在分枝性状方面,三叶鬼针草共有5级分枝,而鬼针草只有4级分枝,并且除一级分枝数量的差异不明显外,三叶鬼针草的总分枝数以及其余各级的分枝数均显著高于鬼针草。在种子生产力方面,三叶鬼针草成熟植株的小花数量、每朵小花的种子数量以及每棵植株的种子总数为230.4朵、60.3粒和13 378.4粒,分别高于鬼针草68.91%、26.15%和101.40%,差异均达显著水平,这说明三叶鬼针草的种子生产能力远高于鬼针

表1 两种杂草的种子生产与形态特征

Table 1 Seed production and shape characteristic of the two weeds

性状指标	三叶鬼针草	鬼针草
株高/cm (N=10)	126.1±7.86A	128.2±7.96A
植株一级分枝数量 (N=10)	18.9±1.67A	15.7±2.38A
植株二级分枝数量 (N=10)	55.2±3.98A	41.8±4.66B
植株三级分枝数量 (N=10)	72.3±5.67A	43.9±8.38B
植株四级分枝数量 (N=10)	42.2±6.90A	11.8±4.49B
植株五级分枝数量(N=10)	5.4±2.30A	0.0±0.0B
分枝数量总和 (N=10)	194.0±14.59A	113.2±16.02B
植株小花数量(朵·株 ⁻¹) (N=10)	230.4±17.06A	136.4±16.6B
小花种子数量(粒·花 ⁻¹) (N=50)	60.3±1.91A	47.8±1.03B
植株种子数量(粒·株 ⁻¹) (N=10)	13 378.4±1 183.50A	6 642.7±833.73B
种子千粒质量/g (N=5)	1.105 2±0.004 2B	1.777 4±0.035 5A
种子长度/mm (N=50)	7.78±0.17B	10.08±0.26A

同一行数据后的不同大写字母表示物种间的差异显著(P<0.05)

草，能为其在入侵过程中大范围的扩散、蔓延提供充足的种源。另外，三叶鬼针草种子的千粒质量、长度只有 1.105 2 g 和 7.78 mm，比鬼针草的种子更轻、更短，更容易被传播，从而增加了防控的难度。

2.2 三叶鬼针草与鬼针草的种子萌发特性

2.2.1 温度对两种杂草种子萌发的影响

表 2 结果显示，三叶鬼针草、鬼针草的萌发势分别在 25 °C (78.00%)、20 °C (76.00%) 获得最大值，温度上升或下降均导致两种杂草的萌发势显著下降，但相对而言，高温的抑制作用更加明显。在萌发率方面，三叶鬼针草的变化趋势与其萌发势的变化类似，但在 20~30 °C 的范围内，其萌发率均保持在 92.00% 以上，差异不明显；而鬼针草的萌发率在 10~25 °C 的范围内均高达 95.00% 以上，但高温导致其迅速下降，在 40 °C 环境下的萌发率只有 5.50%。对于两种杂草的萌发能力，在 10~20 °C 的范围内，三叶鬼针草的萌发势均显著低于鬼针草，但在 25~40 °C 的范围内则相反；对于萌发率，两种杂草在 20~25 °C 范围内的差异不明显，但三叶鬼针草在低温区 (10~15 °C) 的萌发率显著低于鬼针草，而在 30~40 °C 的高温区则显著高于土著种。这说明与鬼针草相比，三叶鬼针草更容易在

高温地区蔓延扩散，但在低温区域其仍能保持相对较高的萌发率。

2.2.2 光照对两种杂草种子萌发的影响

两种杂草种子的萌发率均在全光下达最高值，全黑暗时最低 (表 3)。但三叶鬼针草除黑暗处理的萌发率显著下降外，其萌发率在 100%、50% 和 25% 光强下的变化不明显，均保持在 83.00% 以上。鬼针草的萌发率随着光强的减弱不断下降，与全光处理相比，50%、25% 与 0% 光处理的萌发率分别降低 18.92%、22.30% 和 35.81%。对于同一光强处理下两种杂草种子的萌发能力，除 0% 光处理两者的差异不明显外，其余光环境下三叶鬼针草的萌发率均显著高于鬼针草。

2.2.3 水分胁迫对两种杂草种子萌发的影响

水分胁迫可影响两种杂草种子的萌发动态 (表 4)。在萌发势方面，随着 PEG 质量浓度的上升，三叶鬼针草的萌发势显著下降，至 PEG 质量浓度达 0.20 g·mL⁻¹ 时下降为 0；鬼针草的萌发势在 0~0.10 g·mL⁻¹ 范围内的差异不明显，但达 0.15 g·mL⁻¹ 时急剧下降。对于种子萌发率，两种杂草的变化趋势类似。在 0~0.10 g·mL⁻¹ 的范围内三叶鬼针草、鬼针草的萌发率分别高达 96.00%、92.00% 以上，各处理

表 2 温度对两种杂草种子萌发的影响
Table 2 Effects of temperature on seed germination of the two weeds

萌发指标	物种	温度处理/°C						
		10	15	20	25	30	35	40
萌发势/%	三叶鬼针草	23.00±3.42Bc	19.00±2.08Bc	52.00±4.24Bb	78.00±2.94Aa	57.50±3.59Ab	17.50±1.71Ac	7.33±1.76Ad
	鬼针草	40.67±1.33Ac	62.00±5.60Ab	76.00±2.94Aa	61.00±4.12Bb	40.50±4.99Bc	4.00±0.82Bd	0.50±0.50Bd
萌发率/%	三叶鬼针草	68.50±1.89Bd	81.50±2.63Bb	93.00±1.29Aa	95.00±1.29Aa	92.67±2.40Aa	75.00±2.08Ac	46.50±0.96Ac
	鬼针草	95.00±1.29Aa	96.50±1.26Aa	95.00±1.29Aa	95.50±2.22Aa	79.50±2.22Bb	43.00±2.89Bc	5.50±0.96Bd

同一行内不同小写字母表示同一物种在各处理之间的差异显著 ($P < 0.05$)，同一指标同一列内不同大写字母表示物种间的差异显著 ($P < 0.05$)，下同。

表 3 光照对两种杂草种子萌发的影响
Table 3 Effects of irradiance on seed germination of the two weeds

萌发指标	物种	光照处理/%			
		100	50	25	0
萌发率/%	三叶鬼针草	89.50±1.26Aa	85.00±2.65Aa	83.00±1.73Aa	50.00±4.55Ab
	鬼针草	74.00±1.83Ba	60.00±2.71Bab	57.50±3.59Bbc	47.50±4.35Ac

表 4 PEG 对两种杂草种子萌发的影响
Table 4 Effects of PEG concentration on seed germination of the two weeds

萌发指标	物种	$\rho(\text{PEG})(\text{g}\cdot\text{mL}^{-1})$					
		纯水(CK)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
萌发势/%	三叶鬼针草	75.33±1.76Aa	55.33±3.71Bb	31.50±1.89Bc	17.50±2.63Ad	0.00±0.00Ae	0.00±0.00Ae
	鬼针草	65.33±2.40Ba	69.00±1.29Aa	59.33±5.69Aa	24.00±7.02Ab	0.00±0.00Ac	0.00±0.00Ac
萌发率/%	三叶鬼针草	97.00±1.29Aa	96.00±1.15Aa	96.00±2.00Aa	72.00±2.71Ab	0.50±0.50Ac	0.00±0.00Ac
	鬼针草	92.00±1.63Aa	93.00±1.73Aa	97.50±0.50Aa	55.33±5.46Bb	1.00±1.00Ac	0.00±0.00Ac

间的差异不显著;当 PEG 质量浓度上升到 $0.15 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时两种杂草的萌发率均大幅降低, 分别只有 72.00% 和 55.33%; 当 PEG 质量浓度达 $0.25 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时则完全抑制两种杂草种子的萌发。另外, 在同一质量浓度下, 除 $0.15 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 处理的三叶鬼针草萌发率显著高于鬼针草外, 其余处理的差异均不显著。说明轻度干旱 ($\rho(\text{PEG}) \leq 0.10 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$) 对两种杂草种子的萌发影响不大, 中度干旱 ($\rho(\text{PEG}) = 0.15 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$) 能够降低两种杂草种子的萌发率, 但相对而言, 三叶鬼针草的萌发率降幅较小, 即其能够忍受更高的渗透胁迫, 这将有助于其向较干旱地区的入侵扩散。

2.2.4 pH 对两种杂草种子萌发的影响

两种杂草种子的萌发势均在 pH7.0 获得最大值, pH2.0 时降为 0, 但 $\text{pH} \geq 3.0$ 的酸溶液对鬼针草的萌发势影响不明显, 而 pH 降至 3.0 时则能显著降低三叶鬼针草的萌发势 (表 5)。对于萌发率指标, $\text{pH} \geq 3.0$ 的酸溶液对两种杂草种子的萌发率均无显著影响, 只有 pH2.0 的强酸性溶液才造成两种杂草种子萌发率的显著下降。另外, 除 CK 处理 (pH7.0) 三叶鬼针草的萌发势显著高于鬼针草外, 其余各处理中两种杂草的萌发势、萌发率的差异均不明显。说明两种杂草种子的萌发对 pH 的适应范

围较广, 轻、中度的偏酸环境对其萌发并无不良影响作用。

2.2.5 养分对两种杂草种子萌发的影响

外界环境的 N 浓度上升能够降低两种杂草种子的萌发性能 (表 6)。两种杂草种子均在 CK 处理中获得较高的萌发势, 当 N 质量浓度 $\leq 0.5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, 三叶鬼针草的萌发势变化不明显, N 质量浓度继续上升则造成其萌发势显著下降; 而鬼针草的萌发势则随 N 质量浓度的上升显著下降, 当 N 质量浓度 $\geq 1.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时其萌发势更低至 4.00% 左右。两种杂草种子萌发率的变化趋势与萌发势类似, 当 N 质量浓度 $\leq 1.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, 三叶鬼针草的萌发率均高达 85% 以上, 各处理间的差异不显著; 而除 $0.1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的处理外, 其余的 N 处理均显著降低鬼针草的萌发率, 并且环境的 N 质量浓度越高, 抑制效果越明显。另外, 在所有处理中, 三叶鬼针草的萌发势均显著高于鬼针草, 但两者的萌发率则差异不大。外界环境 P 质量浓度上升对两种杂草种子萌发的影响效应与 N 素类似, 即 P 质量浓度过高能够降低其种子萌发性能, 但相对而言, P 对鬼针草种子萌发的抑制作用弱于 N 素, 只有当 P 质量浓度高达 $1.5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时才造成其萌发率显著降低 (表 7)。说明两种杂草均可依靠种子自身贮存的养分来完成萌发过程, 外

表 5 pH 对两种杂草种子萌发的影响

Table 5 Effects of pH on seed germination of the two weeds

萌发指标	物种	pH					
		2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0(CK)
萌发势/%	三叶鬼针草	0.00±0.00Ac	51.50±4.50Ab	65.50±2.75Aab	66.00±7.87Aab	68.00±6.27Aa	77.00±3.70Aa
	鬼针草	0.00±0.00Ab	54.50±3.30Aa	64.50±5.38Aa	63.50±4.57Aa	56.50±6.65Aa	65.50±2.06Ba
萌发率/%	三叶鬼针草	10.00±0.82Ab	92.00±3.16Aa	97.50±1.89Aa	94.50±2.06Aa	96.50±1.50Aa	94.00±2.58Aa
	鬼针草	8.50±1.71Ab	93.00±2.38Aa	93.50±0.96Aa	94.50±0.96Aa	95.50±0.50Aa	95.00±1.91Aa

表 6 氮质量浓度对两种杂草种子萌发的影响

Table 6 Effects of N concentration on seed germination of the two weeds

萌发指标	物种	$\rho(\text{N})/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$				
		纯水(CK)	0.1	0.5	1.0	1.5
萌发势/%	三叶鬼针草	63.00±5.07Aa	60.00±4.16Aab	66.50±1.50Aa	50.00±2.16Abc	42.50±3.77Ac
	鬼针草	31.50±2.50Ba	21.00±2.38Bb	12.50±1.26Bc	4.00±1.15Bd	5.33±1.76Bd
萌发率/%	三叶鬼针草	91.00±1.91Aa	93.00±3.00Aa	92.50±0.96Aa	85.50±1.71Aab	80.00±4.97Ab
	鬼针草	92.50±1.71Aa	90.50±2.22Aab	82.50±2.22Bbc	80.00±4.24Ac	66.50±3.86Ad

表 7 磷质量浓度对两种杂草种子萌发的影响

Table 7 Effects of P concentration on seed germination of the two weeds

萌发指标	物种	$\rho(\text{P})/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$				
		纯水(CK)	0.1	0.5	1.0	1.5
萌发势/%	三叶鬼针草	63.00±5.07Aa	58.00±4.40Aab	42.00±6.48Abc	42.67±5.81Abc	34.50±4.99Ac
	鬼针草	31.50±2.50Ba	27.50±5.12Bab	20.00±0.82Bbc	22.00±1.15Bb	11.50±0.96Bc
萌发率/%	三叶鬼针草	91.00±1.91Aa	92.00±2.16Aa	86.50±2.87Aab	81.33±4.37Ab	82.00±0.82Ab
	鬼针草	92.50±1.71Aa	87.00±1.29Aa	89.50±2.06Aa	87.50±3.40Aa	80.50±1.26Ab

表 8 埋藏深度对两种杂草种子萌发的影响
Table 8 Effects of buried depth on seed germination of the two weeds

萌发指标	物种	埋藏深度/cm				
		0	0.5	1.0	2.0	3.0
萌发势/%	三叶鬼针草	80.50±7.32Aa	45.00±9.33Ab	40.00±6.27Ab	1.50±1.50Ac	0.00±0.00Ad
	鬼针草	42.67±2.91Ba	40.00±5.29Aa	28.00±4.55Ab	2.00±1.41Ac	0.00±0.00Ad
萌发率/%	三叶鬼针草	96.00±2.45Aa	74.67±3.71Ab	59.33±7.05Ac	10.50±1.50Ad	0.00±0.00Ae
	鬼针草	88.00±3.56Aa	74.50±1.50Ab	58.00±3.06Ac	8.00±2.00Ad	0.00±0.00Ae

界过高的 N、P 养分反而对其萌发产生不利影响, 尤其是 N 素过高对土著种鬼针草种子萌发的抑制作用更强; 并且入侵种三叶鬼针草的萌发速率在各种养分环境下均显著高于鬼针草, 这将有助于其幼苗群落的建立, 抢占“先机”, 成功入侵。

2.2.6 埋藏深度对两种杂草种子萌发的影响

两种杂草种子均在土壤表面获得最高的萌发力, 埋藏处理能够显著降低两种杂草的种子萌发, 当埋藏深度达 3.0 cm 时两种杂草的萌发势、萌发率均为 0 (表 8)。在土壤表面, 三叶鬼针草的萌发势显著高于鬼针草, 而萌发率虽略高于鬼针草, 但差异不显著; 在其余各个埋藏深度, 两种杂草的萌发势、萌发率均无显著差异。在自然环境中, 两种植物的种子成熟后大量飘落于地表, 然而三叶鬼针草的种子萌发速率远高于鬼针草, 其早生快发的特性将有助于提高幼苗的竞争能力, 加快入侵。

3 讨论

3.1 两种杂草的种子生产与形态特征

外来植物在远离原产地后要迅速占据新的生境并不断扩展分布范围成为入侵种, 其必然具有一些特别的生物学特性, 如对异质生境具有较强的适应能力、快速高效的繁殖机制以及强大的竞争能力等^[19]。本研究结果表明, 三叶鬼针草的分枝数量更高、有性繁殖能力更强, 成熟植株的小花数量、每朵小花的种子数量以及植株的种子生产能力均远高于伴生土著种鬼针草, 其中每棵植株的种子数量更高达鬼针草的 2.01 倍。同时, 三叶鬼针草的种子质量更轻, 长度更短。这些特性均有利于种子借助风力、水流等媒介进行扩散, 不断扩大其分布范围, 进而在更广泛的空间和地域内暴发为害, 这也加大了相关防控治理措施的难度。

3.2 两种杂草种子的萌发特性

外来种种群的建立与环境因子的关系密切, 因为环境条件通过影响外来植物种子的萌发能力进而制约着实生苗的数量与生长状况。而种子的萌发是植物生命的起始, 对种群个体的繁殖、种群的扩展和抵御不良环境有着重要意义^[20]。本研究发现, 三叶鬼针草在大部分环境因子的作用下, 其种子的萌发势即萌发速率均显著高于土著种鬼针草, 这种

快速萌发的特性将有利于其在较短时间内萌发出更多的幼苗, 从而增强其竞争优势。

在各种温度处理中, 三叶鬼针草种子在低温区 (10~15 °C) 的萌发率低于土著种鬼针草, 但在高温区 (30~40 °C) 的萌发率则远高于鬼针草。另外值得注意的是, 即使在 10 °C, 三叶鬼针草种子的萌发率仍然保持 68% 以上; 在 40 °C 时, 土著种鬼针草的种子萌发率只有 5.5%, 而三叶鬼针草的萌发率仍高达 46.5%。说明三叶鬼针草对温度的适应范围较广, 这与洪岚等^[21]的研究结果类似。光照是影响种子萌发的重要因素, 它既能刺激一些种子萌发, 也可抑制某些种子的萌发^[22-24]。曾有研究指出高光条件促进种子萌发是入侵植物的一种特性, 这将有助于它成功入侵^[25]。如芦莉属入侵植物 *Ruellia nudiflora* 在高光环境下的种子萌发率、幼苗成活率均高于同属的非入侵种 *R. pereducta*^[26]。本实验也得到类似的研究结论, 即三叶鬼针草在有光环境下其种子萌发率显著高于土著种鬼针草, 这说明其能在各个光照生境中快速萌发, 促进幼苗尽早成功建群。

两种杂草的种子萌发对水分条件的适应范围较广, 轻度干旱胁迫 (0.05~0.10 g·mL⁻¹) 对萌发的影响不明显。在中度干旱胁迫 (0.15 g·mL⁻¹) 的环境下, 两种杂草种子的萌发率均显著下降, 但三叶鬼针草的萌发率 (72.00%) 要显著高于土著种鬼针草 (55.33%), 说明三叶鬼针草的种子要比土著种鬼针草更耐干旱。在我国南方地区, 太阳辐射强度高, 蒸发量大, 土壤表层的水分含量低, 三叶鬼针草的种子成熟后随风传播或直接散落于母株周围的地表上, 其对于干旱胁迫的高耐受性使其能够保持较高的萌发能力, 有助于种群的建立与入侵定殖。

研究表明, pH 不是影响三叶鬼针草分布的主要限制因素, 在 pH≥3 的酸性环境中, 两种杂草种子均能够正常萌发, 只有 pH≤2 时, 其萌发率才急剧下降。同时, 植物的生长发育通常受外界环境的营养条件尤其是 N、P 含量的制约, 但本研究发现, 两种杂草种子对环境养分并无特别要求, 养分含量过高反而对种子萌发产生不良影响。说明两种

杂草种子均可依靠自身体内所贮存的养分完成萌发过程,这将大大增加其在各种生境定居的可能性。但土层覆盖能够显著降低两种杂草的种子萌发,当覆盖厚度达3.0 cm时,它们的萌发受到完全抑制,与飞机草^[27]、小蓬草^[2]等入侵植物的表现类似。其原因除与出苗顶土压力增加有关外,也可能是种子代谢和土壤气体环境之间的相互作用导致种子休眠所引起^[28]。因此,在防治实践中,可以通过翻耕等措施将土壤表面的三叶鬼针草种子深埋,从而降低其种子萌发率,减少入侵。

4 结论

1) 三叶鬼针草的有性繁殖能力较强,成熟植株的分枝数量多,种子生产量高、质量轻和长度短,这使得其比土著种鬼针草更能进行高效传播,进而不断侵占新的生境与扩大入侵分布范围。

2) 三叶鬼针草、鬼针草的最适萌发温度分别为20~30℃、10~25℃,高温(30~40℃)不利于两种杂草种子的萌发,但土著种受到的抑制作用更强。两种杂草种子均在全光处理下获得最高萌发率,除全黑暗处理外,环境光强变化对三叶鬼针草的种子萌发影响不明显。轻度干旱对两种杂草种子的萌发影响不大,中度干旱能够降低其种子萌发率,但相对而言,三叶鬼针草的萌发率降幅较小。两种杂草种子的萌发对pH的适应范围较广,只有pH2.0的强酸性溶液才造成其种子萌发率显著下降。外界过高的N、P养分对两种杂草种子的萌发均产生不利影响,尤其是N素过高对土著种鬼针草种子萌发的抑制作用更强。掩埋处理能够抑制两种杂草种子的萌发,当埋藏深度达3.0 cm时,所有的种子均不能正常萌发与出苗,但在土壤表面,三叶鬼针草的萌发势要显著高于鬼针草。对环境条件的适应性较强以及种子萌发速率较快可能是三叶鬼针草成功入侵的原因之一。

参考文献:

- [1] 李振宇, 解炎. 中国外来入侵种[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002: 158.
- [2] 郝建华, 吴海荣, 强胜. 部分菊科入侵种子(瘦果)的萌发能力和幼苗建群特性[J]. 生态环境学报, 2009, 18(5): 1851-1856.
- [3] BRANDÃO M G L, NERY C G C, MAMÃO M A S, et al. Two methoxylated flavone glycosides from *Bidens pilosa* [J]. Phytochemistry, 1998, 48: 397-399.
- [4] 王硕丰, 杨本明, 李立标, 等. 三叶鬼针草活性成分研究[J]. 中草药, 2005, 36(1): 20-21.
- [5] ANDRADE-NETO V F, BRANDÃO M G L, OLIVEIRA F Q, et al. Antimalarial activity of *Bidens pilosa* L. (Asteraceae) ethanol extracts from wild plants collected in various localities or plants cultivated in humus soil[J]. Phytotherapy Research, 2004, 18(8): 634-639.
- [6] CHIANG L C, CHANG J S, CHEN C C, et al. Anti-herpes simplex virus activity of *Bidens pilosa* and *Houttuynia cordata*[J]. The American Journal of Chinese Medicine, 2003, 31(3): 355-362.
- [7] KHAN M R, KIHARA M, OMOLOSO A D. Anti-microbial activity of *Bidens pilosa*, *Bischofia javanica*, *Elmerillia papuana* and *Sigesbeckia orientalis*[J]. Fitoterapia, 2001, 72(6): 662-665.
- [8] 骆世明, 林象联, 曾任森, 等. 华南农区典型植物的他感作用研究[J]. 生态科学, 1995(2): 114-128.
- [9] 徐高峰, 张付斗, 李天林, 等. 5种植物对薇甘菊化感作用研究[J]. 西南农业学报, 2009, 22(5): 1439-1443.
- [10] 冯卓森, 李伟华, 彭长连, 等. 华南地区5种常见地被植物的化感作用[J]. 华南师范大学学报: 自然科学版, 2010(3): 82-85, 103.
- [11] 张庆费. 镉超富集植物三叶鬼针草[J]. 园林, 2010(10): 69.
- [12] 彭克俭, 刘益贵, 邓小鹏, 等. 湘西铅锌矿区的菊科植物及其对重金属的积累[J]. 亚热带资源与环境学报, 2009, 4(4): 11-19.
- [13] 叶子飘, 赵则海. 遮光对三叶鬼针草光合作用和叶绿素含量的影响[J]. 生态学杂志, 2009, 28(1): 19-22.
- [14] 王瑞龙, 韩萌, 梁笑婷, 等. 三叶鬼针草生物量分配与化感作用对大气温度升高的响应[J]. 生态环境学报, 2011, 20(6/7): 1026-1030.
- [15] BENVENUTI S, MACCHIA M, MIELE S. Light, temperature and burial depth effects on *Rumex obtusifolius* seed germination and emergence[J]. Weed Research, 2001, 41(2): 177-186.
- [16] 张凤娟, 李继泉, 徐兴友, 等. 环境因子对黄顶菊种子萌发的影响[J]. 生态学报, 2009, 29(4): 1947-1953.
- [17] REJMANEK M, RICHARDSON D M. What attributes make some plant species more invasive?[J]. Ecology, 1996, 77: 1655-1661.
- [18] VITOUSEK P M, D'ANTONIO C M, LOOPE L L, et al. Introduced species: a significant component of human-caused global change[J]. New Zealand Journal of Ecology, 1997, 21(1): 1-16.
- [19] 史刚荣, 马成仓. 外来植物成功入侵的生物学特征[J]. 应用生态学报, 2006, 17(4): 727-732.
- [20] 杨逢建, 张衷华, 王文杰, 等. 八种菊科外来植物种子形态与生理生化特征的差异[J]. 生态学报, 2007, 27(2): 442-449.
- [21] 洪岚, 沈浩, 杨期和, 等. 外来入侵植物三叶鬼针草种子萌发与贮藏特性研究[J]. 武汉植物学研究, 2004, 22(5): 433-437.
- [22] 张米茹, 李香菊. 光对入侵性植物黄顶菊种子萌发及植株生长的影响[J]. 植物保护, 2010, 36(1): 99-102.
- [23] 许慧男, 王文杰, 于兴洋, 等. 菊科几种入侵和非入侵植物种子需光发芽特性差异[J]. 生态学报, 2010, 30(13): 3433-3440.
- [24] 孙卫邦, 孔繁才, 向其柏. 光温对3种醉鱼草属植物种子萌发的影响[J]. 植物生理学通讯, 2005, 41(1): 48-50.
- [25] KLEEMANN S G L, CHAUHAN B S, GILL G S. Factors affecting seed germination of perennial wall rocket (*Diplotaxis tenuifolia*) in Southern Australia[J]. Weed Science, 2007, 55: 481-485.
- [26] CERVERA J C, PARRA-TABLA V. Seed germination and seedling survival traits of invasive and non-invasive congeneric *Ruellia* species (Acanthaceae) in Yucatan, Mexico [J]. Plant Ecology, 2009, 205: 285-293.
- [27] 全国明, 毛丹鹃, 章家恩, 等. 飞机草的繁殖能力与种子萌发特性[J]. 生态环境学报, 2011, 20(1): 72-78.
- [28] BENVENUTI S, MACCHIA M. Effect of hypoxia on buried weed seed germination[J]. Weed Research, 1995, 33: 343-351.

Effects of environmental factors on seed germination of *Bidens pilosa* and *Bidens bipinnata*

YAN Wenbin¹, QUAN Guoming^{1,2}, ZHANG Jiaen^{1*}, KANG Xiaowu¹, GUO Jing¹

1. Institute of Tropical and Subtropical Ecology, South China Agricultural University/Key Laboratory of Agro-Environment in the Tropics, Ministry of Agriculture/Key Laboratory of Agroecology and Rural Environment of Guangdong Regular Higher Education Institutions, Guangzhou 510642, China;

2. Department of Urban Construction Engineering, Guangzhou City Polytechnic, Guangzhou 510405, China

Abstract: *Bidens pilosa* is one of the noxious alien Asteraceae weeds with strong invasiveness, and is spreading widely in Southern China at present. We studied the reproductive traits and seed germination characteristics of invasive *B. pilosa* and native *B. bipinnata* by combining field investigations with laboratory experiments. The results showed that compared to native species, *B. pilosa* had higher ramification ability and branch numbers. One single mature plant could produce more than 13 thousands of seeds with smaller mass. Seed germinations of the two weed species were affected by environment factors. The optimum germination temperature for *B. pilosa* and *B. bipinnata* was 20-30 °C and 10-25 °C, respectively. Both species had high germination percentages, above 92.00%. High temperature (30-40 °C) caused harms to seed germination of the two species, but the inhibition effect of high temperature on native *B. bipinnata* was severer than that of *B. pilosa*. The seeds of two weeds reached maximum germination at full irradiance, and the changes of ambient light had no effects on *B. pilosa* germination except in the dark, but the germination of *B. bipinnata* was significantly decreased at 25% irradiance. Light drought ($\rho(\text{PEG}) \leq 0.10 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$) had no significant effects on germination of the two weed species while moderate drought ($\rho(\text{PEG}) = 0.15 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$) could reduce their germination percentage, but the negative effect on *B. pilosa* was less than that of *B. bipinnata*. Both weed species germinated in a wide range of pH (3.0-7.0) and only pH 2.0 caused the seed germination to decrease significantly. High concentration of N and P nutrients had negative influences on the germination of both weed species, and excessive N concentration had more inhibitory effect on native *B. bipinnata* than on *B. pilosa*. Germination of both species could be inhibited by the buried treatment and no seedlings emerged when seeds were sowed 3.0 cm deep. But on the soil surface, germination rate of *B. pilosa* was significantly higher than that of *B. bipinnata*.

Key words: biological invasion; *Bidens pilosa*; *Bidens bipinnata*; seed germination