

9 种植物水浸提液对空心莲子草的化感作用

刘雨芳, 李 菲, 刘文海, 彭梅芳, 王成超, 李志槐
湖南科技大学生命科学学院, 湖南 湘潭 411201

摘要:【背景】空心莲子草是难以防除的恶性入侵杂草,因此,探索高效无毒的化感防治方法具有重要意义。【方法】利用水浸提法研究了博落回、苦瓜、樟树、柳杉、凤尾蕨、柑橘、夹竹桃、洋葱及大蒜 9 种植物不同器官对空心莲子草的化感作用。【结果】与对照相比,博落回叶、苦瓜果肉与种子、凤尾蕨、樟树叶和柳杉叶的水浸提液对空心莲子草具有较强的化感作用,主要表现为空心莲子草叶片数和茎节数减少,株高与生物量的增长受到抑制。【结论与意义】不同植物水浸提液对空心莲子草的化感作用有所差异。本研究为利用植物的化感作用控制空心莲子草提供了依据。

关键词: 空心莲子草; 水浸提液; 化感作用; 生物量

Allelopathic effects of water-based extracts from nine plant species on the invasive weed *Alternanthera philoxeroides*

Yu-fang LIU, Fei LI, Wen-hai LIU, Mei-fang PENG, Cheng-chao WANG, Zhi-huai LI
College of Life Sciences, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan, Hunan 411201, China

Abstract: 【Background】*Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb, an invasive exotic weed, is difficult to control. Using allelopathy as a potential control method could provide a solution. 【Method】Allelopathy of water-based extracts from different organs of nine plant species, *Macleaya cordata* (Willd.) R. Br, *Momordica charantia* Linn., *Cinnamomum camphora*, *Cryptomeria fortunei* Hooibrenk ex Otto et Dietr, *Pteris multifida* Poir, *Citrus reticulata* Blanco, *Nerium oleander* L., *Allium cepa* Linn., *Allium sativum* L., was assessed on the alligator weed, *Alternanthera philoxeroides*. 【Result】The extracts from leaves of *Macleaya cordata*, pulp and seed of *Momordica charantia*, *P. multifida* appeared to significantly affect *Alternanthera philoxeroides*. The number of leaves and nodes of *Alternanthera philoxeroides* decreased, plant height and biomass of *Alternanthera philoxeroides* was reduced after treated with water-based extracts from leaves of *Macleaya cordata*, both pulp and seed of *Momordica charantia*, *P. multifida*. 【Conclusion and significance】The research provides options to develop control methods against *Alternanthera philoxeroides* via the use of allelopathy.

Key words: *Alternanthera philoxeroides*; water-based extracts; allelopathy; biomass

空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb 属 苋科 Amaranthaceae 莲子草属 *Alternanthera*, 为多年生宿根草本植物, 原分布于巴西、巴拉圭和阿根廷南部 Parana 流域和巴西南部沿海地带 (Sainty *et al.*, 1998), 现广泛分布于温带及亚热带地区, 已成为世界性的恶性入侵杂草。空心莲子草具有较强的化感作用, 其水溶性化感物质能够影响蚕豆、玉米种子的萌发与幼苗的生长 (熊勇等, 2011); 它一旦入侵某一植被可导致乡土植物多样性下降 (郭连金等, 2009)。

植物能够向生境中释放对其他植物产生刺激或抑制作用的化学物质, 影响周围植物的生长发育

与群落结构, 因此, 化感作用在限制植物分布上发挥十分重要的作用 (曹光球等, 2007; Jennifer *et al.*, 2008; Wan *et al.*, 2010); 化感作用可改进水稻 *Oryza sativa* L. 等作物对杂草的抵抗力 (Olofsdotter *et al.*, 2002); 在与本土植物的相互作用中, 化感作用被认为是外来植物成功入侵的重要机制之一 (Lorena & Charles, 2008; Wan *et al.*, 2010)。有关空心莲子草对其他植物化感作用的研究较多 (郭连金等, 2009; 熊勇等, 2011), 但其他植物对空心莲子草的化感作用尚未见报道。本文通过研究 9 种植物水浸提液对空心莲子草的化感作用, 为控制恶性杂草空心莲子草提供新的方法与依据。

1 材料与方法

1.1 供试植物及其水浸提液的制备

本试验选用博落回 *Macleaya cordata* (Willd.) R. Br 的根、茎、叶, 苦瓜 *Momordica charantia* Linn. 的果肉与种子, 樟树 *Cinnamomum camphora* (L.) Prest 叶, 柳杉 *Cryptomeria fortunei* Hooibrenk ex Otto et Dietr 叶, 凤尾蕨 *Pteris multifida* Poir, 柑橘 *Citrus reticulata* Blanco 果皮, 夹竹桃 *Nerium oleander* L. 叶, 洋葱 *Allium cepa* Linn. 鳞茎, 大蒜 *Allium sativum* L. 鳞茎等 9 种植物为材料。

将上述材料洗净晾干后, 分别切成 1~2 cm 的小段, 以 20 g 材料加 100 mL 蒸馏水的比例混合, 在 (25±1) °C 下浸泡 5 d, 经双层纱布过滤后得到各种植物浸提液原液, 将原液置于 4 °C 冰箱中备用。以原材料含量来假定植物浸提液原液的浓度, 即设定各浸提液原液的浓度为 200 mg·mL⁻¹, 用于稀释。

1.2 空心莲子草测试苗的准备

在口径 20 cm、高 25 cm 的塑料桶中放入 2~3 cm 厚、经过破碎与曝晒的稻田土壤, 加水搅拌均匀, 并保持土壤表面有 1~3 cm 的薄层水。将田间采集的粗壮、生长良好的空心莲子草茎, 修剪至约 25 cm 长、带 5~6 轮叶子并移入桶中, 待草长出白根后, 测量其单株生物量、株高、茎节数及叶片数。在高 15 cm、口径 9 cm 的塑料杯中加入适量经过破碎与曝晒的稻田土壤, 制成土培盆, 将长出白根的空心莲子草移入土培盆中, 喷淋适量清水, 培养 3 d 成活后, 即制成测试苗, 备用。

1.3 处理方法

分别取 9 种植物浸提液原液, 用蒸馏水稀释成 1 倍液(原液, 200 mg·mL⁻¹)、1.33 倍液(150 mg·mL⁻¹)及 2 倍液(100 mg·mL⁻¹) 3 种浓度。每盆单株测试苗分别施用植物浸提液 15 mL, 淋至根部, 将处理后的空心莲子草植株移入 (27±1) °C、光照为 L:D=12:12 的温室中培养, 每天喷施适量清水, 每种浓度均处理 5 株(盆)。连续培养 21 d 后, 测量空心莲子草的株高、茎节数、叶片数及生物量。以清水处理为对照。

1.4 数据分析

通过对数据的转换计算获得空心莲子草生长的校正增量, 以排除因空心莲子草在起始状态时已

有的差异而产生的误差。其转换方法: 利用对照组试验结束时的测量值 E_t 、初始量 B_t 计算空心莲子草各参数的实际增长率 V , 设各参数的校正增量为 C , 则 $C = C_m - (V \times M_b)$ 。式中, $V = \frac{E_t - B_t}{B_t}$, M_b 为各组试验初始测量值, C_m 为各组试验结束时的实测增量。对照组的校正增量为零。均值比较与差异显著性分析利用 SPSS 17.0 Version 软件上的配对数据 t 检测方法完成。

2 结果与分析

2.1 植物水浸提液对空心莲子草叶片的化感作用

在被检测的 9 种植物(器官)浸提液中, 经博落回根、大蒜鳞茎、夹竹桃叶浸提液和博落回茎中、低浓度浸提液及柑橘果皮高浓度浸提液处理后, 空心莲子草叶片数增多, 但与对照无显著差异 ($P > 0.05$)。经博落回叶、苦瓜果肉与种子、洋葱鳞茎、樟树叶、柳杉叶、凤尾蕨各种浓度的浸提液和博落回茎高浓度浸提液以及柑橘果皮中、低浓度浸提液处理后, 空心莲子草叶片数减少。其中, 经博落回叶中、高浓度浸提液, 苦瓜果肉与洋葱鳞茎各种浓度的浸提液, 苦瓜种子、樟树叶与凤尾蕨低浓度浸提液, 柳杉叶中、低浓度浸提液处理后的空心莲子草叶片数增量显著小于对照 ($P < 0.05$); 经樟树叶高浓度浸提液处理后的空心莲子草叶片数增量极显著小于对照 ($P < 0.01$) (表 1)。

2.2 植物水浸提液对空心莲子草茎的化感作用

经博落回叶高浓度浸提液, 苦瓜果肉与种子浸提液, 柑橘果皮中、低浓度浸提液, 樟树叶、柳杉叶与凤尾蕨各种浓度的浸提液处理后, 空心莲子草的茎节数减少。其中, 经苦瓜种子、凤尾蕨浸提液处理后的空心莲子草茎节数增量与对照相比差异显著 ($P < 0.05$); 经博落回高浓度浸提液处理后的空心莲子草茎节数增量与对照相比差异极显著 ($P < 0.01$) (表 2)。

2.3 植物水浸提液对空心莲子草株高的化感作用

9 种植物(器官)浸提液均不同程度地降低了空心莲子草的株高。其中, 经苦瓜果肉中浓度浸提液与苦瓜种子低、高浓度浸提液处理后的空心莲子草株高增量与对照相比差异显著 ($P < 0.05$); 经苦瓜种子中浓度浸提液处理后的空心莲子草株高增量与对照相比差异极显著 ($P < 0.01$) (表 3)。

表 1 经植物浸提液处理后空心莲子草叶片数的校正增量(平均值 ± SE)

Table 1 Correction increment of the numbers of leaves of *Alternanthera philoxeroides* after treating them with water-based plant extracts (Mean ± SE)

植物种类 Species	器官 Organ used for extraction	校正增量 Correction increment after treated by different concentrations of water-based extracts		
		100 mg · mL ⁻¹	150 mg · mL ⁻¹	200 mg · mL ⁻¹
博落回 <i>Macleaya cordata</i>	叶 Leaf	-0.48 ± 0.76	-2.36 ± 0.79 *	-2.74 ± 1.51 *
	茎 Stem	1.24 ± 0.41 *	0.23 ± 0.65	-0.44 ± 0.79
	根 Root	0.30 ± 0.69	0.79 ± 1.23	0.98 ± 0.50
苦瓜 <i>Momordica charantia</i>	果肉 Pulp	-1.91 ± 0.78 *	-1.89 ± 0.77 *	-0.97 ± 0.27 *
	种子 Seed	-2.49 ± 0.89 *	-1.11 ± 0.88	-1.81 ± 0.72
洋葱 <i>Allium cepa</i>	鳞茎 Bulb	-1.03 ± 0.48 *	-0.91 ± 0.29 *	-2.56 ± 0.84 *
柑橘 <i>Citrus reticulata</i>	果皮 Peel	-1.90 ± 0.95	-0.61 ± 0.96	0.88 ± 0.51
樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	叶 Leaf	-2.41 ± 0.81 *	-0.39 ± 0.55	-3.58 ± 0.49 **
柳杉 <i>Cryptomeria fortunei</i>	叶 Leaf	-3.16 ± 0.79 *	-2.84 ± 0.78 *	-0.64 ± 0.84
凤尾蕨 <i>Pieris multifida</i>	全草 Whole plant	-4.30 ± 0.95 *	-1.31 ± 0.65	-1.19 ± 1.26
大蒜 <i>Allium sativum</i>	鳞茎 Bulb	0.78 ± 0.54	0.50 ± 1.04	0.63 ± 0.81
夹竹桃 <i>Nerium oleander</i>	叶 Leaf	1.15 ± 0.54	2.02 ± 0.92	0.08 ± 0.70

* 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。
* and ** means significant difference in the level 0.05 and 0.01 , respectively.

表 2 经植物浸提液处理后空心莲子草茎节数的校正增量(平均值 ± SE)

Table 2 Correction increment of the numbers of nodes of *Alternanthera philoxeroides* after treating them with water-based plant extracts (Mean ± SE)

植物种类 Species	器官 Organ used for extraction	校正增量 Correction increment after treated by different concentrations of water-based extracts		
		100 mg · mL ⁻¹	150 mg · mL ⁻¹	200 mg · mL ⁻¹
博落回 <i>Macleaya cordata</i>	叶 Leaf	0.17 ± 0.43	0.53 ± 0.30	-1.34 ± 0.09 **
	茎 Stem	0.58 ± 0.27	-0.30 ± 0.41	0.02 ± 0.32
	根 Root	0.24 ± 0.27	0.09 ± 0.41	0.44 ± 0.37
苦瓜 <i>Momordica charantia</i>	果肉 Pulp	-1.05 ± 0.45	-0.82 ± 0.28	-0.50 ± 0.29
	种子 Seed	-0.76 ± 0.51 *	-0.92 ± 0.27 *	-0.63 ± 0.17 *
洋葱 <i>Allium cepa</i>	鳞茎 Bulb	-0.18 ± 0.27	0.49 ± 0.41	0.48 ± 0.45
柑橘 <i>Citrus reticulata</i>	果皮 Peel	-0.38 ± 0.18	-0.45 ± 0.39	0.46 ± 0.31
樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	叶 Leaf	-0.85 ± 0.69	-0.10 ± 0.34	-0.25 ± 0.33
柳杉 <i>Cryptomeria fortunei</i>	叶 Leaf	-0.39 ± 0.24	-1.05 ± 0.37	-0.43 ± 0.34
凤尾蕨 <i>Pieris multifida</i>	全草 Whole plant	-0.94 ± 0.25 *	-0.66 ± 0.27 *	-0.72 ± 0.17 *
大蒜 <i>Allium sativum</i>	鳞茎 Bulb	0.51 ± 0.28	0.87 ± 0.42	0.51 ± 0.30
夹竹桃 <i>Nerium oleander</i>	叶 Leaf	0.93 ± 0.23	0.35 ± 0.23	-0.05 ± 0.37

* 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。
* and ** means significant difference in the level 0.05 and 0.01 , respectively.

表 3 经植物浸提液处理后空心莲子草株高的校正增量(平均值 ± SE)

Table 3 Correction increment of the plant height of *Alternanthera philoxeroides* after treating them with water-based plant extracts (Mean ± SE)

植物种类 Species	器官 Organ used for extraction	校正增量 Correction increment after treated by different concentrations of water-based extracts		
		100 mg · mL ⁻¹	150 mg · mL ⁻¹	200 mg · mL ⁻¹
博落回 <i>Macleaya cordata</i>	叶 Leaf	-1.39 ± 0.96	-0.35 ± 4.45	1.09 ± 1.45
	茎 Stem	0.26 ± 1.15	-0.09 ± 1.16	0.10 ± 3.14
	根 Root	-2.2 ± 1.35	-0.7 ± 1.49	-1.38 ± 1.12
苦瓜 <i>Momordica charantia</i>	果肉 Pulp	-2.01 ± 1.11	-3.13 ± 0.92 *	-0.67 ± 1.64
	种子 Seed	-4.16 ± 1.71 *	-5.34 ± 1.02 **	-3.63 ± 1.52 *
洋葱 <i>Allium cepa</i>	鳞茎 Bulb	-2.10 ± 1.51	-0.16 ± 1.07	-1.69 ± 1.50
柑橘 <i>Citrus reticulata</i>	果皮 Peel	-5.47 ± 4.27	-2.32 ± 2.83	0.13 ± 1.13
樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	叶 Leaf	-4.24 ± 2.22	0.81 ± 0.57	-2.40 ± 1.10
柳杉 <i>Cryptomeria fortunei</i>	叶 Leaf	-4.07 ± 2.06	-2.98 ± 1.21	-4.06 ± 2.63
凤尾蕨 <i>Pieris multifida</i>	全草 Whole plant	-1.37 ± 1.28	-2.90 ± 1.89	-1.66 ± 0.69
大蒜 <i>Allium sativum</i>	鳞茎 Bulb	-2.37 ± 1.82	2.99 ± 0.87	2.65 ± 2.90
夹竹桃 <i>Nerium oleander</i>	叶 Leaf	0.50 ± 0.59	-0.01 ± 0.78	-1.51 ± 2.03

* 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。
* and ** means significant difference in the level 0.05 and 0.01 , respectively.

2.4 植物水浸提液对空心莲子草生物量的化感作用

经博落回根与叶、苦瓜种子与果肉、樟树叶、柳杉叶、凤尾蕨浸提液处理后,空心莲子草生物量明显降低。其中,经博落回叶、樟树叶各种浓度浸提液及凤尾蕨高浓度浸提液处理后的空心莲子草生

物量增量极显著低于对照($P < 0.01$);经博落回叶中、低浓度浸提液,柳杉叶各浓度浸提液处理后的空心莲子草生物量增量显著低于对照($P < 0.05$) (表4)。

表4 经植物浸提液处理后空心莲子草生物量的校正增量(平均值±SE)

植物种类 Species	器官 Organ used for extraction	校正增量 Correction increment after treated by different concentrations of water-based extracts		
		100 mg · mL ⁻¹	150 mg · mL ⁻¹	200 mg · mL ⁻¹
博落回 <i>Macleaya cordata</i>	叶 Leaf	-0.59 ± 0.23 *	-1.00 ± 0.47 *	-0.88 ± 0.15 **
	茎 Stem	0.11 ± 0.14	0.03 ± 0.06	-0.54 ± 0.29
	根 Root	-0.11 ± 0.28	-0.02 ± 0.21	-0.43 ± 0.43
苦瓜 <i>Momordica charantia</i>	果肉 Pulp	-0.43 ± 0.07	-0.37 ± 0.09	-0.10 ± 0.05
	种子 Seed	-0.72 ± 0.26	-0.99 ± 0.36	-0.55 ± 0.15
洋葱 <i>Allium cepa</i>	鳞茎 Bulb	-0.34 ± 0.25	0.00 ± 0.35	-0.10 ± 0.19
柑橘 <i>Citrus reticulata</i>	果皮 Peel	-1.06 ± 0.86	0.05 ± 1.03	-0.01 ± 0.22
樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	叶 Leaf	-0.52 ± 0.29	-0.21 ± 0.18	-0.71 ± 0.12 **
柳杉 <i>Cryptomeria fortunei</i>	叶 Leaf	-1.05 ± 0.34 *	-1.08 ± 0.27 *	-0.49 ± 0.13 *
凤尾蕨 <i>Pieris multifida</i>	全草 Whole plant	-0.41 ± 0.21	-0.36 ± 0.16	-0.41 ± 0.09 **
大蒜 <i>Allium sativum</i>	鳞茎 Bulb	-0.27 ± 0.22	0.21 ± 0.52	0.02 ± 0.40
夹竹桃 <i>Nerium oleander</i>	叶 Leaf	0.32 ± 0.12	0.07 ± 0.22	-0.20 ± 0.34

* 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。
* and ** means significant difference in the level 0.05 and 0.01 , respectively.

3 讨论

许多植物能释放具有高生物活性的植物性毒素进入土壤环境,从而影响其他植物的生长与发育(Ben *et al.* ,2006)。蕨类植物可通过不同形式的化感作用对生物多样性产生影响(张开梅等,2004),如芒萁 *Dicranopteris dichotoma* (Thunb.) Bernh. 植株浸出液对天蓝苜蓿 *Medicago lupulina* L.、葛藤 *Pueraria lobata* (Willdenow) Ohwi、红车轴草 *Trifolium pretense* L.、牛尾草 *Festuca elation* L. 等均有抑制作用,对稗草 *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. 等杂草及白菜 *Brassica pekinensis* Rupr.、萝卜 *Raphanus sativus* L. 的种子萌发有显著或极显著的抑制作用,对水稻、刺苋 *Amaranthus spinosus* L. 等幼苗根生长和某些植物幼苗苗高有显著抑制作用(罗丽萍等,1999;叶居新等,1987)。而欧洲蕨 *Pteridium apuilingum* var. *iatiusculum* (Desv.) Underw. ex Heller 对周围植被具有毒害作用,能够影响野黑樱 *Prunus serotina* Enthart、欧洲山杨 *Populus tremula* Linn. 和欧洲赤松 *Pinus sylvestris* L. 等植物的种子萌发和幼苗生长(Ben *et al.* ,2006; Dolling *et al.* ,1994; Horsley,1977)。樟树对蔬菜有较强的化感作用(李建

勇等,2008),杉木枯枝落叶中的化感成分对杉木种子的发芽率、胚根和胚轴生长均有一定的抑制作用(曹光球等,2007)。本研究中,博落回、凤尾蕨、樟树叶及柳杉叶水浸提液能降低空心莲子草的生长速度、生物量及株高,减少其叶片数与茎节数,表现了明显的化感作用。这种化感作用能否用来控制空心莲子草的入侵扩散,或在已入侵生境中种植这些植物,能否抵制或部分替代空心莲子草,达到保护本地植物多样性的目的,还需进一步深入研究。

参考文献

曹光球,林思祖,胡宗庆,刘学芝,王凌霄. 2007. 腐解 3 个月
后杉木枯枝落叶及腐殖土中的化感成分对杉木种子的化
感效应. 植物资源与环境学报,16(4):56 – 60.
郭连金,徐卫红,孙海玲,乐婉,梁煜萌. 2009. 空心莲子草入
侵对乡土植物群落组成及植物多样性的影响. 草业科学,
26(9):137 – 142.
李建勇,杨小虎,奥岩松. 2008. 香樟根际土壤化感作用的初
步研究. 生态环境,17(2):763 – 765.
罗丽萍,葛刚,陶勇,叶居新. 1999. 芒萁对几种杂草和农作
物的生化他感作用. 植物学通报,16(5):591 – 597.
熊勇,屈睿,王红斌,熊开金,姜传亮. 2011. 空心莲子草不同

- 部位水浸提液对蚕豆、玉米化感作用机制的研究. 中国农学通报, 27(18):158 – 163.
- 叶居新, 洪瑞川, 聂义如, 刘文演. 1987. 芒萁植株浸出液对几种植物生长的影响. 植物生态学与地植物学学报, 11(3):203 – 211.
- 张开梅, 石雷, 李振宇. 2004. 蕨类植物的化感作用及其对生物多样性的影响. 生物多样性, 12(4):466 – 471.
- Ben F, Ferenc J and Anne O. 2006. First encounters deployment of defence-related natural products by plants. *New Phytologist*, 172:193 – 207.
- Dolling A, Zackrisson O and Nilsson M C. 1994. Seasonal variation in phytotoxicity of bracken (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn). *Journal of Chemical Ecology*, 20:3163 – 3172.
- Horsley S B. 1977. Allelopathic inhibition of black cherry by fern, grass, goldenrod, and aster. *Canadian Journal of Forest Research*, 7:205 – 216.
- Jennifer A L, Kenneth P P, Joseph A K, Heidi S, Edward P J, Mark S, Sharon Y S and Ruth A H. 2008. Inference of allelopathy is complicated by effects of activated carbon on plant growth. *New Phytologist*, 178:412 – 423.
- Lorena G A and Charles D C. 2008. Neighbourhood analyses of the allelopathic effects of the invasive tree *Ailanthus altissima* in temperate forests. *Journal of Ecology*, 96:447 – 458.
- Olofsdotter M, Jensen L B and Courtois B. 2002. Improving crop competitive ability using allelopathy an example from rice. *Plant Breeding*, 121:1 – 9.
- Sainty G R, McCorkelle G and Julien M H. 1998. Control and spread of alligator and weed, *Alternanthera philoxeroides*, in Australia: lesson for other regions. *Wetlands Ecology and Management*, 5:195 – 201.
- Wan F H, Liu W X, Guo J Y, Qiang S, Li B P, Wang J J, Yang G Q, Niu H B, Gui F R, Huang W K, Jiang Z L and Wang W Q. 2010. Invasive mechanism and control strategy of *Ageratina adenophora* (Sprengel). *Science China Life Sciences*, 53(11):1291 – 1298.

(责任编辑:杨郁霞)