

王旭萍,刘 强,杨 珊. 2 种菊科入侵植物之间的化感作用[J]. 江苏农业科学,2020,48(1):114-120.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.01.020

2 种菊科入侵植物之间的化感作用

王旭萍,刘 强,杨 珊

(海南师范大学生命科学学院/热带岛屿生态学教育部重点实验室,海南海口 571158)

摘要:为探究入侵植物在入侵地的种间相互作用,用 2 种菊科入侵植物假臭草和三叶鬼针草进行种间化感作用研究。采用 2 种植物的浸提液互相作用于对方的种子萌发和幼苗生长过程,结果发现,二者的浸提液对对方的种子萌发、幼苗生长在高浓度(50 000 mg/L)时均表现出较强的相互抑制作用,对假臭草和三叶鬼针草种子萌发、幼苗株高生长、根长生长、生物量积累的抑制率分别达到 91.49%、8.41%、43.24%、69.12% 和 95.17%、36.27%、85.68%、82.09%。这种相互抑制作用可能对其混生区的植物群落组成和结构产生影响。采用气象色谱-质谱联用仪(GC-MS)对植物的浸提液进行成分分析,筛选相对含量较高的邻苯二酚和 2,3-丁二醇 2 种化学成分进行化感作用潜力验证研究,发现低浓度(0.001 mol/L)的邻苯二酚即能明显抑制假臭草和三叶鬼针草的种子萌发,对假臭草和三叶鬼针草幼苗株高生长、根长生长、生物量积累的抑制率分别达到了 39.42%、82.67%、50.88% 和 41.74%、81.53%、54.23%。邻苯二酚浓度略有增高(0.005 mol/L)时,二者的种子完全不能萌发。2,3-丁二醇对假臭草和三叶鬼针草也有较强的抑制作用,在浓度为 0.010 mol/L 时,对假臭草和三叶鬼针草的种子萌发、幼苗株高生长、根长生长、生物量积累的抑制率分别达到了 33.43%、51.09%、14.90%、72.37% 和 81.48%、17.39%、43.76%、71.52%。邻苯二酚和 2,3-丁二醇均能对假臭草和三叶鬼针草种子萌发和幼苗生长产生强烈的抑制作用,推测这 2 种化学物质可能为这 2 种入侵植物化感物质的主要组分,可为入侵植物的生物防治提供参考。此外三叶鬼针草根部分在甲醇溶剂的萃取中 2,3-丁二醇的相对含量达到了 60.45%,可考虑用于 2,3-丁二醇的生物防治制品的开发应用。

关键词:入侵植物;化感作用;假臭草;三叶鬼针草;GC-MS

中图分类号:S451 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)01-0114-06

生物入侵不仅严重威胁生物多样性,还造成生态破坏^[1]和巨大的经济损失^[2-3],更对当地的生态系统产生了不可忽视的影响,已经引起了诸多国家和研究学者的广泛关注,成为全球研究热点^[4]。

菊科植物在我国外来入侵植物中占较大比例^[5],2 种原产于热带美洲的菊科植物假臭草(*Eupatorium catarium* Veldkamp)^[6-7]和三叶鬼针草(*Bidens pilosa* L.)^[8-9]已入侵我国南方广大地区^[8,10-12],在海南岛上广泛分布^[13]。离开原生地的入侵植物在侵入新领域时,不仅会与乡土植物相遇发生相互作用^[14],也会与其他入侵植物相遇,在野外常常见到多种入侵植物混生的情景。植物种间

的相互作用是生态学研究的核心内容,普遍存在于植物群落中,并被认为是群落构建和群落动态的主要推动力^[15]。目前,在对入侵植物的相关研究中,关于入侵植物与乡土植物间的相互作用研究较深入,但关于入侵植物之间的相互作用研究仍然较少。“新武器假说”认为,化感作用是入侵植物能够成功入侵的重要因素之一,入侵植物通过释放化感物质来抑制其他植物的生长繁殖,以此增强自身竞争力,从而实现在新领域中的定植,尤其是菊科植物的入侵性似乎更依赖于化感作用^[16]。笔者试图通过研究假臭草和三叶鬼针草之间的化感作用,探究入侵植物之间的相互作用对植物群落构建和群落动态的影响。

1 材料与方法

1.1 材料

假臭草和三叶鬼针草的植株和种子均采自海南省海口市云龙镇海南省林业科学研究所育苗基地(19°52′30.25″E,110°28′44.19″N)。

收稿日期:2018-10-10

基金项目:海南省“515 人才工程”第一层次入选人选资助项目、海南省级研究生创新项目(编号:Hys2017-137)。

作者简介:王旭萍(1993—),女,河南平顶山人,硕士研究生,主要从事恢复生态学研究。E-mail:1013699017@qq.com。

通信作者:刘 强,博士,教授,主要从事恢复生态学研究。E-mail:hnsylq@163.com。

1.2 方法

1.2.1 浸提液的制备 按照 1 kg 植株 10 L 蒸馏水的比例将假臭草和三叶鬼针草的植株剪碎后进行浸泡,在常温下浸泡 48 h,并经常翻动。用 4 层纱布过滤后得到初滤液,再用滤纸进行 2 次过滤后,将浸提液浓度分别用蒸馏水稀释为 15 000、30 000、50 000 mg/L 等。放置在 4 ℃ 冰箱中备用。

1.2.2 种子预处理 选取成熟饱满的种子,用 2% 的次氯酸钠浸泡 30 min 进行消毒,之后用蒸馏水冲洗 3 次备用。

1.2.3 浸提液处理种子萌发试验 种子萌发试验采用培养皿滤纸法,于室温条件下,在直径为 9 cm 的培养皿中铺 2 层滤纸,每皿放 30 粒种子。在放有假臭草种子的培养皿中分别加入 10 mL 浓度为 15 000、30 000、50 000 mg/L 的三叶鬼针草浸提液,在放有三叶鬼针草种子的培养皿中分别加入 10 mL 浓度为 15 000、30 000、50 000 mg/L 的假臭草浸提液,以加等体积蒸馏水的处理作为对照。每处理重复 6 次,每天记录各处理种子萌发数,并计算萌发指数 (GI),15 d 后测量株高、根长、生物量。

萌发指数 = $\sum (G_t/D_t)$ 。

式中: G_t 为 t d 后种子萌发数量; D_t 为萌发天数。

抑制率 = $1 - T/C$ 。

式中: T 为处理值; C 为对照值;抑制率 > 0 表示抑制,其值越大,抑制作用越强,抑制率 < 0 表示促进,其绝对值越大,表示促进作用越强。

1.2.4 浸提液的 GC-MS 成分分析 分别用正己烷和甲醇溶液对植物材料进行萃取。按照 1 kg 植株 3 L 蒸馏水的比例分别对假臭草和三叶鬼针草的地上部分进行浸泡,常温下浸泡 48 h,经常翻动,用 4 层纱布过滤得到初滤液,将滤液过 0.45 μm 微孔滤膜后,在旋转蒸发仪上进行旋转蒸发并结合冷冻干燥仪去除水分,所得样品分为 2 组,分别加入 1 mL 正己烷和 1 mL 甲醇溶液进行萃取。检测仪器为 GC-MS (气相色谱-质谱联用仪, Thermo Finnigan 120150-T230L)。色谱柱为 HP-5MS 毛细管柱,固定相为 (5% - 苯基) - 甲基聚硅氧烷。用电子轰击源轰击,电压为 70 eV,扫描全程,离子源的温度为 250 ℃。毛细管柱的规格为 30.00 m \times 0.01 mm \times 0.25 mm;进样口温度为 280 ℃,柱温为 120 ℃,保持 3 min,以 15 ℃/min 升温至 280 ℃,进样量 1 μL 。通过面积归一法对鉴定样品进行分析,检索数据库为 NIST 08 MS Library and AMDIS。

1.2.5 化学物质单品试验 取适量分析纯邻苯二酚和 2,3-丁二醇 (购自海南青峰生物科技有限公司),配制浓度为 0.001、0.005、0.010 mol/L 的溶液,常温保存待用。该试验中的种子萌发情况监测同样采取培养皿滤纸法,室温条件下培养,每皿 50 粒种子,每个浓度 3 次重复,具体操作方法同“1.2.3”节。记录各处理种子萌发数,15 d 后测量株高、根长、生物量。计算其萌发指数 (GI)、抑制率。

1.2.6 数据处理 所得数据通过 Excel 2016 和 SPSS 16 进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 浸提液对 2 种菊科入侵植物种子萌发的影响

3 种不同浓度的假臭草浸提液均能抑制三叶鬼针草种子的萌发、幼苗根长的生长和生物量的积累,且浓度越高,抑制作用越强,浸提液浓度为 50 000 mg/L 时,抑制率分别达到了 95.17%、85.68% 和 82.09%。最低浓度的浸提液对三叶鬼针草的株高生长表现为促进作用,但随着浸提液浓度的增大,呈现出低促高抑的规律,且变化幅度较为明显 (图 1-A)。

三叶鬼针草的浸提液对假臭草种子萌发的抑制作用也较强,在 50 000 mg/L 浓度下,抑制率达到了 91.49%。浸提液对假臭草株高的影响和三叶鬼针草幼苗相似,均为低促高抑;对假臭草的根长生长和生物量积累也表现出了较强的抑制作用,浸提液浓度为 50 000 mg/L 时,对根长生长和生物量积累的抑制率分别达 43.24%、69.12% (图 1-B)。

由此可见,这 2 种菊科入侵植物能够强烈抑制对方种子的萌发,且对萌发后的幼苗生长也有显著抑制作用,整体呈现出较强的相互抑制关系。

2.2 浸提液的化学成分

通过 GC-MS 检测用正己烷和甲醇分别萃取的植物萃取液,结果发现,假臭草中共检出 25 种物质,其中酯类检测出 8 种,酮类检测出 5 种,醇类检测出 5 种,酚类检测出 2 种,酸类检测出 1 种,另外还有一些酸酐、烯、胺、肼等物质;检测出的主要物质有邻苯二酚、2,3-丁二醇、甘油三酯、棕榈酸甲酯。三叶鬼针草中共检出 50 种物质,其中酯类检测出 5 种,酮类检测出 6 种,醇类检测出 9 种,酚类检测出 7 种,酸类检测出 6 种,烷类检测出 7 种,醛类检测出 4 种,另外还有一些酸酐、烯、胺、肼醚、苯等物质;

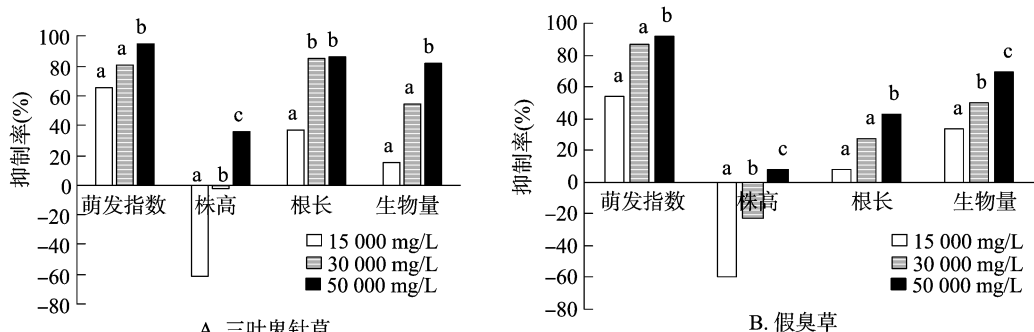


图 1 浸提液处理对三叶鬼针草和假臭草种子萌发、株高、根长、生物量的影响
图中同一指标中标注的不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。图 2、图 3 同

检测出的主要物质有乙酸异戊酯、丙醇酸、十二酸酐、2,3-丁二醇、甘油三酯。二者的共有化学成分有 8 种,分别是邻苯二酚、3-甲基-2-(5H)-呋喃酮、2,3-丁二醇、L-苏糖醇、对苯二酚、苯甲酸、 γ -丁内酯、甘油三酯。其中用甲醇溶剂萃取得到的物质较正己烷溶剂多,地上部分也比根部提取到的成分多。除去一些烷类,相对含量超过 0.9% 的物质见表 1。

检测结果显示,2 种入侵植物在 2 种溶剂的萃取下共得到 8 种共有物质,从含量较高的物质中筛选出 2 种化学物质进行单品试验。在这 8 种共有物质中,甘油三酯含量较高,邻苯二酚、2,3-丁二醇次之。甘油三酯是一种普通的植物油酯,存在于植株中。邻苯二酚作为 1 种精细化工中间体,被广泛用于塑料、农药、抗氧化剂、染料、涂料等精细化工产品生产中,具有易富集、难降解等特点,且具有毒性^[17]。此外,吴珊等研究发现,邻苯二酚对蛋白核小球藻以及斜生栅藻生长有很强的化感抑制作用^[18]。2,3-丁二醇是 1 种无色透明液体,被广泛应用于化工、食品、医药等多个领域,有毒性^[19],因此选择邻苯二酚和 2,3-丁二醇进行化学物质单品试验。

2.3 化学物质单品对 2 种菊科入侵植物种子萌发的影响

较低浓度(0.001 mol/L)的 2,3-丁二醇未对假臭草种子的萌发以及幼苗株高、根长和生物量等产生明显影响,但随着浓度的增大,其抑制作用显著增大,浓度为 0.010 mol/L 时,对假臭草种子萌发指数、株高生长、根长生长和生物量积累的抑制率分别达到了 33.43%、51.09%、14.90% 和 72.37% (图 2-A)。

邻苯二酚对假臭草种子萌发及幼苗生长的抑制作用较 2,3-丁二醇强,低浓度(0.001 mol/L)的

药品就能明显抑制假臭草种子的萌发,抑制率达 58.89%,其株高、根长、生物量都明显低于对照组,对应抑制率分别达 39.42%、82.67% 和 50.88%。较高浓度(0.005、0.010 mol/L)的邻苯二酚可完全抑制了假臭草的种子萌发,抑制率达到了 100% (图 2-B)。

2,3-丁二醇对三叶鬼针草种子萌发的抑制作用较假臭草强,低浓度(0.001 mol/L)情况下对其种子萌发已经产生了较强的抑制作用;3 种不同浓度处理对三叶鬼针草种子萌发的抑制率分别达到了 78.82%、80.33%、81.48%。在不同浓度的 2,3-丁二醇处理下,三叶鬼针草幼苗的株高生长、根长生长和生物量积累均受到抑制,且随着 2,3-丁二醇浓度的升高生物量降低,当 2,3-丁二醇的浓度达到 0.010 mol/L 时,其对三叶鬼针草株高生长、根长生长、生物量积累的抑制率分别达到了 17.39%、43.76%、71.52% (图 3-A)。植物种子萌发和生物量积累是其竞争力的主要表现,2,3-丁二醇对三叶鬼针草种子萌发和生物量积累的抑制作用强于假臭草。

邻苯二酚对三叶鬼针草的种子萌发同样具有显著抑制作用,在低浓度(0.001 mol/L)时就明显抑制了种子的萌发,萌发后幼苗的株高、根长、生物量等都明显低于对照组,抑制率分别达到了 41.74%、81.53% 和 54.23%。在用高浓度的邻苯二酚处理时,三叶鬼针草的种子无法正常萌发(图 3-B)。

邻苯二酚和 2,3-丁二醇均能对假臭草和三叶鬼针草的种子萌发和幼苗生长产生较强抑制作用。

2.4 浸提液 GC-MS 分析

对包含化感物质的浸提液进行成分分析的方式有多种,不同的浸提物、萃取试剂都可能分离出不同的成分。本研究采用的是水浸提液方式,用甲醇和正己烷溶剂进行萃取,与之前研究中的乙醇浸

表 1 不同部位浸提液的甲醇、正己烷萃取液中检测出物质的相对含量

部位	编号	化合物名称	相对含量(%)			
			甲醇溶剂		正己烷溶剂	
			假臭草	三叶鬼针草	假臭草	三叶鬼针草
地上部分	1	乙酸异戊酯	—	31.019	—	—
	2	丙醇酸	—	16.849	—	—
	3	邻苯二酚	10.879	5.958	—	—
	4	4-乙基间苯二酚	—	5.379	—	—
	5	苯酚	—	3.932	—	—
	6	3-甲基-2-(5H)-呋喃酮	5.604	3.272	—	—
	7	2,3-丁二醇	10.415	3.069	—	—
	8	L-蔗糖醇	1.944	1.721	—	—
	9	(R)-(+) -2-羟基丙酸甲酯	—	1.636	—	—
	10	反式-3-己烯酸;	—	1.604	—	—
	11	2-羟基-3-甲基苯甲醛	—	1.294	—	—
	12	甲氧基丙酮	—	1.283	—	—
	13	对苯二酚	6.459	1.266	—	—
	14	4-羟基-2-亚甲基丁酸	—	1.105	—	—
	15	苯甲酸	2.712	1.033	—	—
	16	γ-丁内酯	1.568	0.964	—	—
	17	庚醛	—	0.946	—	—
	18	甘油三酯	—	30.847	82.552	—
	19	1,4-环己二酮	4.845	—	—	—
	20	丙三醇	3.009	—	—	—
	21	4-羟基环己酮	2.078	—	—	—
	22	D-蔗糖醇	1.944	—	—	—
	23	3-甲氧基苯乙酮;	1.733	—	—	—
	24	三甲基-8-亚甲基-二环[7.2.0]4-十一烯	1.385	—	—	—
	25	3-甲氧基-1,2-丙二醇	1.204	—	—	—
	26	乙烯基醚	—	—	—	34.354
	27	油酸	—	—	—	15.630
	28	反-6-十八烯酸	—	—	—	10.823
	29	十二酸酐	—	—	13.840	—
根	1	2,3-丁二醇	—	60.450	—	—
	2	2-环戊烯酮	—	2.280	—	—
	3	L-(—)-甘油醛	—	1.485	—	—
	4	反-2-十三烯醇	—	1.460	—	—
	5	甘油三酯	51.973	10.596	65.927	48.554
	6	棕榈酸甲酯	11.942	—	—	—
	7	4-庚醇	6.484	—	—	—
	8	(Z)-十六烯酸甲酯	5.539	—	—	—
	9	十六烷酸十四烷酯	2.445	—	—	—
	10	3-甲氧基-1,2-丙二醇	1.721	—	—	—
	11	十二酸酐	—	—	—	7.420
	12	4-氨基氧芴	—	—	—	2.454
	13	4-硝基苯基月桂酸酯	—	—	3.345	—
	14	1,2-二月桂酰-Sn-甘油	—	—	2.596	—
	15	2-甲氧基-3-二苯并呋喃胺	—	—	2.491	—

提、乙醚等溶剂萃取或挥发油收集等方法不同,检测出的主要物质也有所不同,GC-MS 分析结果见表 2。

3 结论与讨论

菊科植物种类在入侵植物总数中占比较大,且

至少有 39 个属具有化感作用,这些化感物质对多种受体植物生长均表现出不同程度抑制或促进效应^[27]。南美螞蜞菊可通过其化感作用显著抑制其竞争者的种子萌发和幼苗生长,进而提高自身竞争力^[28]。在入侵植物之间也存在相互的化感作用,如假臭草、胜红蓟、马樱丹、南美螞蜞菊等 12 种植物的

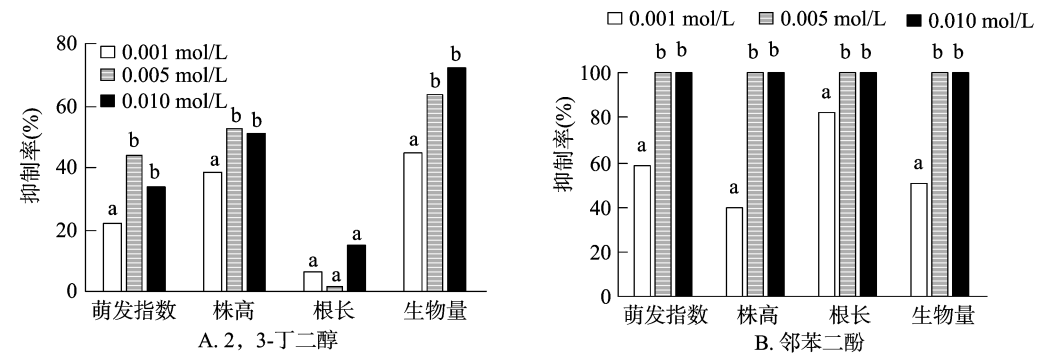


图2 不同浓度的2,3-丁二醇和邻苯二酚对假臭草种子萌发的影响

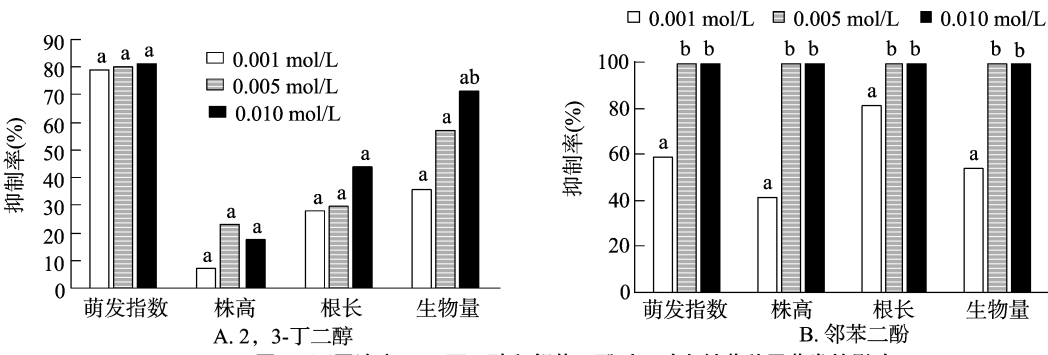


图3 不同浓度 2,3-丁二醇和邻苯二酚对三叶鬼针草种子萌发的影响

表 2 不同方法萃取假臭草、三叶鬼针草的 GC-MS 分析

物种	浸提液	萃取试剂	主要成分	文献
假臭草	水浸提	甲醇、正己烷	邻苯二酚、甘油三月桂酸酯、2,3-丁二醇、乙烯基醚、油酸、棕榈酸甲酯、反-6-十八烯酸、Hentriacontane 等	本研究
	乙醇浸提	石油醚	2,6-二叔丁基对甲酚、(9Z,12Z)-十八烷二稀酸乙酯、邻四氯苯醌、十六氢苈、(9Z,12Z,15Z)-十八烷三稀酸乙酯、棕榈酸乙酯等	[20]
	蒸馏	挥发油	2-异地丙基-5-甲基-9-亚甲基、双环[4.4.0]-1-烯、 β -菖蒲烯醇、刺伯烯、葑茄醇和榄香烯等	[21]
	乙醇	乙醚	5-甲氧基-2-戊酮、大根香叶烯 D、2,4-二甲基-3-戊醇、6-十二酮、3-辛醇等	[22]
三叶鬼针草	水浸提	甲醇、正己烷	乙酸异戊酯、丙醇酸、甘油三月桂酸酯、乙烯基醚、2,3-丁二醇等	本研究
	蒸馏	挥发油	2-氨基-6-甲基苯并噻唑、苯基-1,3,5-庚三炔、(S)-(+) -2-戊醇、石竹烯、 α -石竹烯、大根香叶烯等	[23]
	乙醇	正丁醇	没药烯 7、 α -羟基- β -谷甾醇、豆甾-4-烯-3 β ,6 α -二醇、豆甾醇-7-酮、7-甲氧基-6-羟基香豆素、1-棕榈酸甘油酯、3 β -O-(6'-十六烷酰氧基- β -吡喃葡萄糖基)-豆甾-5-烯、1-O- β -D-吡喃葡萄糖-(2S,3R,8E)-2-[(2'R)-2-羟基棕榈酰胺]-8-十八碳烯-1,3-二醇、葱木脑苷、(3S,5R,6S,7E)-5,6-环氧-3-羟基-7-巨豆烯-9-酮、3-羟基二氢猕猴桃内酯、2 β ,3 β -二羟基-2 α -甲基- γ -内酯	[24]
	乙醇	石油醚、乙酸乙酯、正丁醇	金丝桃苷、香豆素、水杨酸、5,7-二羟基色原酮、1-苯基-1,3,5-三庚炔、苯甲酸、豆甾醇、十六烷酸、十四烷酸、二十八烷炔、 β -谷甾醇、胡萝卜苷	[25]
	蒸馏	挥发油	(Z)-1,11-十三二烯-3,5,7,9-四炔、石竹烯、大牛儿烯 D	[26]

浸提液均对白花鬼针草的幼苗生长有不同程度的抑制作用,其中假臭草、胜红蓟、马樱丹等对其抑制作用较强^[29]。入侵植物肿柄菊的叶片浸提液对三叶鬼针草的种子活力和幼苗生长均有较强的抑制作用,并破坏其细胞膜的完整性,可通过肿柄菊套种或铺盖其茎叶在三叶鬼针草的泛滥区来控制三叶鬼针草^[30]。本研究将 2 种菊科入侵植物分别作

为化感物质的供体植物和受体植物,发现假臭草和三叶鬼针草的浸提液在种子萌发和幼苗生长阶段均能对彼此产生较强抑制作用,互相抑制对方的种子萌发和幼苗生长。由此推断,它们在其共生区可能会相互抑制对方的生长扩散。但其中一种入侵植物是否能竞争胜出,排挤甚至替代另一种入侵植物,影响植物群落的构建和动态,还需进一步研究。

本研究以水为浸提液,可能更接近植物在自然环境条件下淋溶或释放出化学物质到土壤中的情形。从 GC-MS 分析出的化学物质中筛选出相对含量较高的邻苯二酚、2,3-丁二醇进行单品试验,结果表明,邻苯二酚对假臭草和三叶鬼针草的种子萌发和幼苗生长的化感作用均较强,在含量极低的情况下就可抑制 2 种入侵植物的种子萌发和幼苗生长。邻苯二酚和 2,3-丁二醇可能是化感物质的重要组分。吴珊等研究也发现,邻苯二酚影响蛋白核小球藻和斜生栅藻细胞叶绿素 a 的含量,对这些藻类生长有强烈的抑制作用^[18]。因此,邻苯二酚对低等和高等植物均有较强的化感抑制作用。

本研究中邻苯二酚和 2,3-丁二醇这 2 种化学物质共存于 2 种入侵植物中,同时都能对其种子萌发和幼苗生长产生强烈的抑制作用,说明这 2 种入侵植物在释放化感物质来排挤周围植物生长的同时也可能对自身的生长繁殖产生一定的抑制作用,或称自毒效应。但不同的入侵植物对相同化学物质的耐受程度有所不同,2,3-丁二醇对这 2 种入侵植物的种子萌发和幼苗生长都会产生强烈的抑制作用,但三叶鬼针草的种子萌发对 2,3-丁二醇较假臭草更为敏感,低浓度的 2,3-丁二醇就能明显抑制三叶鬼针草的种子萌发。因此推断化感效应的强弱与不同入侵植物对同种化学物质的敏感性和耐受性有关。入侵植物是否有某种降低自毒效应的机制还需要进一步研究。

田学军等认为,可利用入侵植物肿柄菊的化感作用将肿柄菊播、套种或铺盖其茎叶在入侵植物三叶鬼针草的泛滥区来控制三叶鬼针草^[30]。本研究发现的入侵植物假臭草和三叶鬼针草间的相互抑制作用可为其生物防治提供参考,如将其中一种入侵植物的植株覆盖在另一种入侵植物之上或施加浸提液来控制。此外,利用菊科入侵植物中的化感物质开发植物生长调节剂、天然除草剂、生物杀虫剂、人工合成除草剂和杀虫剂等研究也在不断深入。作为假臭草和三叶鬼针草这 2 种菊科入侵植物化感物质的主要组分,邻苯二酚和 2,3-丁二醇对这 2 种入侵植物种子萌发和幼苗的生长产生了强烈抑制作用,可考虑用这 2 种化学物质开发化学除草剂。

2,3-丁二醇作为重要的液体燃料和化工原料,被广泛应用于化工、能源及食品等领域^[31]。现在很多相关研究在通过多种途径获得 2,3-丁二醇,如

用玉米秸秆水解液发酵生产 2,3-丁二醇^[32],利用酿酒酵母菌株转化合成 2,3-丁二醇^[33],利用纤维质、菊粉质、淀粉质作为发酵底物生产 2,3-丁二醇^[34],以及利用菊芋茎叶水解生产 2,3-丁二醇等^[19]。2,3-丁二醇在三叶鬼针草根部分水提液中的相对含量达到了 60.45%,可对 2,3-丁二醇进行开发利用。

参考文献:

- [1] Ehrendfeld J G. Ecosystem consequences of biological invasions[J]. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, 2010, 41: 59-80.
- [2] Pimentell D, Lach L, Zuniga R, et al. Environmental and economic cost of nonindigenous species in the United States[J]. Bioscience, 2000, 50(1): 53-65
- [3] 高国伟,李宇辉,喻 闻. 外来生物入侵经济损失评估的研究进展[J]. 环境与可持续发展, 2007(3): 4-6.
- [4] 钟军弟,陈 燕,刘锴栋,等. 不同生境下假臭草的种子特性分析[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(9): 87-91.
- [5] 朱世新,覃海宁,陈艺林. 中国菊科植物外来种概述[J]. 广西植物, 2005, 25(1): 69-76.
- [6] 马永林,马跃峰,郭成林,等. 假臭草水浸提液对 4 种作物的化感作用[J]. 生物安全学报, 2016, 25(4): 275-278.
- [7] 邓世明,王 宁,汤丽昌,等. 外来入侵植物假臭草的化感作用研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(16): 277-280.
- [8] 洪 岚,沈 浩,杨期和,等. 外来入侵植物三叶鬼针草种子萌发特性与贮藏特性研究[J]. 武汉植物学研究, 2004, 22(5): 433-437.
- [9] 潘玉梅,刘明超,唐赛春,等. 光强对三叶鬼针草生长特征的影响[J]. 广西植物, 2012, 32(1): 77-82.
- [10] 陈 伟,兰国玉,安 锋,等. 海南外来杂草——假臭草群落生态位特征研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(2): 24-27.
- [11] 白淑敏. 三叶鬼针草化学成分及其生物活性研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2014: 1-10.
- [12] 李振宇,解 炎. 中国外来入侵种[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002: 158-159.
- [13] 罗文启,符少怀,杨小波,等. 海南岛入侵植物的分布特点及其对本地植物的影响[J]. 植物生态学报, 2015, 39(5): 486-500.
- [14] 郭连金,徐卫红,孙海玲,等. 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[J]. 草业科学, 2009, 26(7): 137-142.
- [15] 孔祥龙. 黄河三角洲植物群落种间相互作用研究[D]. 济南: 山东大学, 2016: 5-12.
- [16] Ni G Y, Zhao P, Huang Q Q, et al. Exploring the novel weapons hypothesis with invasive plant species in China[J]. Allelopathy Journal, 2012, 29(2): 199-214.
- [17] 雷 忻,陈 超,王文强,等. 间苯二酚与邻苯二酚对泥鳅的急性毒性效应[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2012, 40(4): 175-179.

周 勇,代小莹,刘 昔,等. 10 种中药材和大蒜提取液对菊果胶杆菌的抑菌效果[J]. 江苏农业科学,2020,48(1):120-123.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.01.021

10 种中药材和大蒜提取液对菊果胶杆菌的抑菌效果

周 勇^{1,2}, 代小莹¹, 刘 昔³, 龚明福¹, 刘 忠^{1,2}, 曾建威⁴

(1. 乐山师范学院生命科学学院, 四川乐山 614000; 2. 峨眉山生物多样性保护与利用研究所, 四川乐山 614000;

3. 眉山职业技术学院, 四川眉山 620010; 4. 四川省乐山市经济作物站, 四川乐山 614000)

摘要:菊果胶杆菌是魔芋软腐病的主要致病菌之一。用 10 种中药材和大蒜提取液对菊果胶杆菌的抑菌效果进行研究,结果表明,黄连、大蒜、黄芩、乌梅和柴胡提取液抑菌效果与对照差异极显著,其中黄连和大蒜对菊果胶杆菌抑菌效果最优,平均抑菌圈直径分别为 2.27、2.19 cm,黄芩次之,平均抑菌圈直径为 1.68 cm。选取抑菌效果较好的黄连、黄芩和大蒜提取液用二倍稀释法稀释后,进行抑菌效果测定,结果表明,黄连 2 倍稀释液与黄芩 2 倍、4 倍稀释液均具有明显的抑菌效果,而大蒜提取液稀释后抑菌效果不明显。

关键词:菊果胶杆菌;中药材;大蒜;提取液;抑菌效果

中图分类号: S482.2⁺92 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)01-0120-04

菊果胶杆菌(*Pectobacterium chrysanthemi*)属软腐果胶杆菌属(*Pectobacterium*),是魔芋软腐病主要致病菌之一^[1]。与菊欧文氏菌(*Dickeya dadantii*)和菊欧文氏杆菌(*Erwinia chrysanthemi*)相比,菊果胶杆菌

对魔芋软腐病的致病性更强^[2]。目前,魔芋软腐病主要采用化学方法进行防治,钟艳红等研究了农用杀菌剂对魔芋软腐病的防治效果,发现用农用链霉素、噻菌铜、叶枯唑、噻唑锌等杀菌剂对种芋进行处理或在发病初期喷施对防治魔芋软腐病有显著效果,其中农用链霉素防治法被普遍认为是魔芋软腐病防治的主要方法^[3-7]。生防菌对魔芋软腐病致病菌也具有显著的抑制作用,如枯草芽孢杆菌的 30% 硫酸铵盐析蛋白对胡萝卜软腐欧文氏杆菌具有较强的抗菌活性^[8];密旋链霉菌与肉质链霉菌及其制剂对菊果胶杆菌、菊欧文氏菌和菊欧文氏杆菌具有

收稿日期:2018-11-27

基金项目:乐山师范学院引进教师科研启动项目(编号:Z1410);四川省教育厅重点培育项目(编号:16CZ0030);乐山市科技专项资金项目(编号:15NYQ033)。

作者简介:周 勇(1977—),男,四川崇州人,博士,副研究员,主要从事植物资源开发与利用研究。Tel:(0833)2277896;E-mail:zhouyongls@163.com。

[18] 吴 珊,李孝红,杨 龙. 邻苯二酚和邻苯三酚对藻类化感作用的试验[J]. 水资源保护,2011,27(3):69-71,74.

[19] 李 丹. 以菊芋茎叶及块茎为原料发酵生产 2,3-丁二醇[D]. 大连:大连理工大学,2009:68-69.

[20] 杨建云,惠 阳,林婧等. 假臭草花油脂化学成分分析[J]. 广州化工,2016,44(17):130-132.

[21] 郭达伟. 假臭草挥发油化学成分分析[J]. 上海农业学报,2013,29(2):100-102.

[22] 黄可辉,陈 峥,郭琼霞. 假臭草茎叶乙醇提取物化学成分 GC/MS 研究[M]//张朝贤. 农田杂草与防控. 北京:中国农业科学技术出版社,2011:111-114.

[23] 惠 阳,刘 园,林 婧,等. 三叶鬼针草不同部位挥发油成分的 GC-MS 分析[J]. 化学研究与应用,2007,29(1):19-24

[24] 王 瑞,刘世武,师彦平. 三叶鬼针草的化学成分研究[J]. 实验室研究与探索,2015,34(10):32-35.

[25] 林 华,隆金桥,赵静峰,等. 三叶鬼针草化学成分的研究[J]. 云南民族大学学报(自然科学版),2012,21(4):235-238.

[26] 秦 军,陈 桐,陈树琳,等. 三叶鬼针草挥发性成分的研究

[J]. 分析测试学报,2003,22(5):85-87.

[27] 周 凯,郭维明,徐迎春. 菊科植物化感作用研究进展[J]. 生态学报,2004,24(8):1780-1787.

[28] 祁珊珊. 入侵植物南美螞蝗菊无性繁殖策略选择的主要生理生态机制[D]. 镇江:江苏大学,2014:18-22.

[29] 陈志云,梁水凤,李东文,等. 假臭草等 12 种植物对白花鬼针草幼苗的化感作用[J]. 热带亚热带植物学报,2011,19(5):454-462.

[30] 田学军,沈云玫. 入侵植物肿柄菊对三叶鬼针草的化感作用[J]. 生态环境学报,2015,24(7):1128-1131.

[31] 付 晶,王 萌,刘维喜,等. 生物法制备 2,3-丁二醇的最新进展[J]. 化学进展,2012,24(11):2268-2276.

[32] 司 阳,夏黎明. 利用玉米秸秆水解液发酵生产 2,3-丁二醇[J]. 食品与发酵工业,2010,36(2):26-29.

[33] 黄守峰,裴芳毅,王长丽,等. 利用酿酒酵母工程菌株生产 2,3-丁二醇的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报,2015,6(10):3928-3933.

[34] 陈 超. 利用菊粉质原料生产 2,3-丁二醇的研究[D]. 济南:山东大学,2014:62-69.