

岩生植物金发草对作物的化感效应

马丹炜^{1,2}, 乔定君¹, 杨必坤¹, 邓贵民¹, 王胜华^{2*}, 陈放²

(1. 四川师范大学 生命科学学院, 成都 610066; 2. 四川大学 生命科学学院, 成都 610064)

摘要: 采用生物测定法研究金发草根、茎、叶水浸提液对水稻、小麦、油菜和莴苣等4种受体植物的化感作用。结果表明,金发草根、茎、叶水浸提液对4种受体植物种子萌发和幼苗生长均具化感作用,且随着水浸提液浓度的增高而增强。除水稻外,小麦、油菜、莴苣的发芽速率均受金发草水浸提液的显著抑制,但对最终发芽率影响不显著,说明金发草对植物种子萌发的化感作用主要是延迟种子发芽时间;金发草对作物幼苗生长的化感作用总体上表现为促进地上部分生长而抑制地下部分的生长。受体植物不同发育期对金发草化感作用的敏感程度不同,幼苗期高于萌发期;金发草叶的化感作用最强,其综合效应分别为根与茎的2.14倍和2.56倍。

关键词: 金发草; 化感作用; 种子萌发; 幼苗生长

中图分类号: Q143, Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2008)04-0527-04

Allelopathic effects of rock plant *Pogonatherum paniceum* on crops

MA Dan-Wei^{1,2}, QIAO Ding-Jun¹, YANG Bi-Kun¹, DENG Gui-Min¹,
WANG Sheng-Hua^{2*}, CHEN Fang²

(1. College of Life Sciences, Sichuan Normal University, Chengdu 610066, China;

2. College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract: In the present study, the allelopathic effects of root, stem and leaf aqueous extracts of *Pogonatherum paniceum* on seed germination and seedling growth in *Oryza sativa*, *Triticum aestivum*, *Brassica campestris* and *Lactuca scariola* by the methods of bioassay were tested. The results showed that all aqueous extracts have allelopathy on four receptor plants, increasing with the increase of concentration. The aqueous extracts of *P. paniceum* inhibited seed germination and root length, and promoted seedling height in principle. The germination speeds of *T. aestivum*, *B. campestris* and *L. scariola* were significantly inhibited except *O. sativa*. No significant effects of aqueous extracts on final germination of receptor plants showed that the allelopathy of *P. paniceum* delayed seed germination of receptor plants. Sensitivity to aqueous extracts was different between development periods in this study, and seedling period was sensitive than germination period. The leaf allelopathy was 2.14 times of root and 2.57 times of stem of *P. paniceum*, respectively.

Key words: *Pogonatherum paniceum*; allelopathy; seed germination; seedling growth

岩生植物金发草(*Pogonatherum paniceum*)是禾本科金发草属的多年生草本植物,具有根系发达、根系可塑性强、根系可以覆盖整个岩石表面、较耐干旱等性能,在生态护坡方面有着较好的应用前景(王海洋等,2005),具有开发为道路边坡尤其是石质边

坡绿化草种的潜力。然而,研究表明,金发草具有较强的生态适应性(白景文等,2005;陈红等,2004,2005;彭丽等,2004;王海洋等,2005)和高水平的遗传多样性(马丹炜等,2006),兼具有性繁殖和无性繁殖能力,性成熟的时间短,这些特征与入侵种的

收稿日期: 2007-01-22 修回日期: 2007-05-12

基金项目: 教育部“973”预研项目(104255); 四川师范大学福特基金 PHE 项目(20052001) [Supported by Pro-research Item of “973” Program of Education Ministry of China(104255); PHE Program of Sichuan Normal University(20052001)]

作者简介: 马丹炜(1963-),女,四川九龙人,博士,教授,从事植物生态学研究。

* 通讯作者 (Author for correspondence)

“Baker 特征”一致(徐汝梅等,2003)。近些年由于盲目引种给我国的生物多样性和国民经济造成了巨大的损失,而金发草具有上述入侵种的特征,因此在金发草开发成为新的绿化护坡植物之前,有必要对其生态风险进行全面的评估,以便更好地了解其是否会引种地的生态环境带来负面影响。

决定一个外来种成功入侵生态系统的因素较多,其中外来种在入侵过程中向环境释放化感物质是导致其入侵成功的一个重要方面(徐汝梅等,2003)。本文以金发草分布区范围内几种常见的农作物作为受体植物,对金发草的化感作用进行初步研究,旨在全面客观地评价金发草的开发应用价值。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供体植物金发草采自四川省泸州市泸县牛滩镇。受体植物为倍丰 2 号水稻(*Oryza sativa*),由四川省农业科学院水稻高粱研究所选育;川油 16 油菜(*Brassica campestris*)由四川省华丰种业有限责任公司选育;东坡夏圆青莴笋莴苣(*Lactuca scariola*)由四川省眉山市东坡种业有限公司选育;川麦 39 小麦(*Triticum aestivum*)由四川省农科院小麦所提供。

1.2 实验方法

1.2.1 供体植物浸提液的制备 2006 年 2~3 月,将生长良好的金发草植株连根拔起,剔除枯黄叶,将根、茎、叶分离,洗净,晾干,切成 1~2 cm 长的小段备用。分别称取根、茎、叶样品 300 g,用鲜重 10 倍量的蒸馏水浸提 48 h,3 层纱布过滤 2 次,得到浸提液原液(浓度为 0.100 g·mL⁻¹)。

1.2.2 化感活性生物测定 参考文献(Brückner 等,2003;绍华等,2003;方芳等,2005),采用培养皿滤纸法,选取籽粒饱满、大小均匀的受体植物种子置于铺有两层滤纸的培养皿中,每皿各放置 100 粒种子,分别加入一定量(以淹没种子的 1/3 为准)各浓度金发草根、茎、叶的浸提液(0.025、0.050、0.075、0.100 g·mL⁻¹),以蒸馏水为对照(CK),在 23 °C,80%湿度、30 μmol·m⁻²·s⁻¹ 12 h 光照的条件下的光照下进行培养,每个处理重复 3 次;以胚根或胚轴突破种皮 1~2 mm 为种子发芽的标准,每天记录发芽种子的数量,直到种子不再萌发时为止,计算最终发芽率(final germination,FG)和发芽速率(germination speed,GS):

$$FG = \frac{\text{发芽种子总数}}{\text{供试种子总数}} \times 100\%; GS = \sum(Gt/Dt)$$

Gt 为逐日发芽种子数, Dt 为相应发芽天数。

选取籽粒饱满、大小均匀的受体植物种子,先用蒸馏水催芽,待种子胚根或胚轴突破种皮 1~2 mm 后,挑选发芽状况一致的幼苗,分别加入 0.025、0.050、0.075、0.100 g·mL⁻¹ 金发草水浸提液继续培养,以蒸馏水培养作对照(CK),每个处理重复 3 次。8 d 后统计苗高及根长。

1.2.3 数据处理与分析 参照郑丽等(2005)的方法,分别按照下式计算发芽率、发芽速率、根长和苗高的化感效应敏感指数(the index of allelopathic effect,RI): $RI = 1 - C/T (T \geq C)$; $RI = T/C - 1 (T < C)$ 式中, C 为对照值, T 为处理值。RI 表示化感作用强度大小,其绝对值大小反映化感作用的强弱。参照文献(沈慧敏等,2005),计算综合效应(SE)。用 SPSS11.5 软件进行一维方差(LSD-test)分析。

2 结果与分析

2.1 金发草水浸提液对作物种子萌发的影响

2.1.1 金发草水浸提液对作物种子最终萌发率的影响 金发草根、茎、叶水浸提液对作物种子的最终萌发率具有一定的抑制作用(表 1)。0.025 g·mL⁻¹ 和 0.075 g·mL⁻¹ 的根水浸提液分别显著抑制了小麦和莴苣的最终发芽率($P < 0.05$);0.050 g·mL⁻¹ 和 0.100 g·mL⁻¹ 茎水浸提液的处理中受到极显著抑制了莴苣的种子萌发;0.025 g·mL⁻¹ 的叶水浸提液使小麦种子的最终发芽率显著下降($P < 0.05$),0.050 g·mL⁻¹ 和 0.075 g·mL⁻¹ 的叶水浸提液显著抑制了油菜种子的萌发;0.075 g·mL⁻¹ 和 0.100 g·mL⁻¹ 的叶水浸提液使莴苣种子的最终发芽率极度下降($P < 0.01$)。然而,绝大多数的处理结果对作物种子最终萌发率抑制程度不明显。

2.1.2 金发草水浸提液对作物种子萌发速率的影响

本研究结果显示,水稻的发芽速率对金发草根水浸提液反应不敏感,仅 0.075 和 0.100 mg·L⁻¹ 叶水浸提液对水稻发芽速率的抑制效应达到限制显著水平以上;小麦、油菜、莴苣的发芽速率则明显受到金发草水浸提液的抑制,这种抑制效应在对大多数处理中都达到显著或极显著水平(表 2)。据文献报道(Turk & Tawaha,2003),发芽速率可能是衡量化感作用更敏感的指标。比较表 1 与表 2,金发草对作

物发芽速率的影响高于对最终发芽率的影响。发芽速率化感敏感指数平均值为 0.230, 明显高于发芽率化感敏感指数(0.036), 也印证了这个结果。

2.2 金发草水浸液对作物幼苗生长的影响

2.2.1 金发草水浸液对作物幼苗地上部分生长的影响 表 3 表明, 不同浓度的金发草根和茎水浸提液

表 1 金发草水浸液对受体植物最终发芽率的影响

Table 1 Effect of aqueous extract of *P. paniceum* on final germination of experimental crops

处理 Treatment (mg · L ⁻¹)	作物种子发芽率 Final germination (%)											
	I				II				III			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
0.000	96.00	78.00	100.00	100.00	96.00	78.00	100.00	100.00	96.00	78.00	100.00	100.00
0.025	93.67	66.33*	99.67	100.00	95.33	76.33**	99.33	99.33	95.67	68.33*	95.67	98.00
0.050	95.00	76.33	99.33	98.33	95.67	78.67	99.67	98.33**	93.67	70.67	93.33*	96.67
0.075	95.00	74.00	99.33	96.67**	95.00	71.67	98.67	99.33	93.00	71.33	93.33*	96.67
0.100	95.00	74.67	98.67	98.33	95.67	80.00	99.33	98.33**	93.67	74.33	87.00**	91.33**

* 和 ** 分别表示与对照进行一维方差分析在 0.05 和 0.01 水平上的差异显著性; A: 水稻; B: 小麦; C: 油菜; D: 苜蓿; I、II、III 分别代表金发草根水浸提液、茎水浸提液和叶水浸提液。下同。

表 2 金发草水浸液对受体植物发芽速率的影响

Table 2 Effect of aqueous extracts of *P. paniceum* on germination speed of receptors

处理 Treatment (mg · L ⁻¹)	发芽速率 Germination speed (%)											
	I				II				III			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
0.000	92.31	72.48	77.72	87.34	92.31	72.48	77.72	87.34	92.31	72.48	77.72	87.34
0.025	89.14	51.57**	59.10**	64.58*	89.72	62.00*	59.67**	88.58	89.61	57.57**	50.11**	66.05*
0.050	89.58	56.1**	48.38**	68.89	91.06	64.68	63.17**	87.97	87.61	54.61**	39.24**	49.58**
0.075	89.19	56.00**	50.40**	48.86**	88.25	60.51*	55.28**	75.71	86.30*	53.04**	35.21**	42.88**
0.100	88.89	55.07**	49.67**	49.64**	89.50	63.98	50.54**	67.63*	84.42**	47.05**	27.12**	31.78**

表 3 金发草水浸液对作物幼苗生长的影响

Table 3 Effect of aqueous extract of *P. paniceum* on seedling growth of receptors

处理 Treatment (mg · L ⁻¹)		发芽速率 Germination speed (%)											
		I				II				III			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
苗高 Seedling height	0.000	3.21	3.59	2.06	1.56	3.21	3.59	2.06	1.56	3.21	3.59	2.06	1.56
	0.025	3.64*	3.62	2.62**	1.74*	3.72*	3.93	2.92**	1.86**	2.95	4.40*	3.25**	2.69**
	0.050	3.37	3.49	2.83**	1.86**	3.35	4.04	2.79**	1.93**	2.71**	4.23	3.49**	2.66**
	0.075	3.06	3.57	3.03**	1.96**	3.47	3.95	3.23**	2.34**	2.17**	3.79	2.86**	2.32**
	0.100	2.87	3.94	2.97**	1.99**	2.93	3.85	3.15**	2.14**	1.44**	2.57**	3.01**	2.21**
根长 Root length	0.000	2.77	6.39	3.27	3.24	2.77	6.39	3.27	3.24	2.77	6.39	3.27	3.24
	0.025	3.27	5.27*	2.86	3.18	4.06**	5.94	2.63	3.10*	2.59	6.02	2.79	2.30**
	0.050	2.70	4.81**	2.24**	2.98**	2.80	4.99**	2.48*	2.84**	2.07*	5.66	2.26**	1.63**
	0.075	2.67	4.46**	2.15**	2.42**	3.43**	4.22**	2.60	2.42**	1.84*	4.21**	1.71**	1.14**
	0.100	2.27	4.39**	1.65**	2.51**	2.64	3.98**	2.32*	2.25**	1.98**	3.27**	1.24**	0.81**

对水稻的苗高具有低促进高抑制的现象, 叶水浸提液则抑制水稻的苗高且随着浓度的上升抑制效应逐渐增强; 小麦的苗高对金发草根水浸提液的反应是呈钟形曲线, 即 0.025 mg · L⁻¹ 与 0.100 mg · L⁻¹ 均表现为抑制作用, 而 0.050、0.075 mg · L⁻¹ 表现为促进作用。茎、叶水浸提液对小麦苗高的影响均为低促进高抑制; 三种水浸提液均显著促进了油菜和

苜蓿的苗高。总体来看, 金发草水浸提液对作物地上部分的生长起促进作用。

2.2.2 金发草水浸液对作物幼苗地下部分生长的影响 除了水稻根长在金发草根、茎水浸提液作用下表现为低促进高抑制现象外, 金发草水浸提液对作物幼苗的根长总体表现出抑制效应, 而且对油菜和苜蓿的抑制效应大于水稻和小麦(表 3)。

2.3 金发草水浸提液的化感效应

分别计算4种受体植物在3种金发草器官水浸提液作用下各个参数化感敏感指数的算术平均值,以表示金发草水浸提液对受体植物化感作用的综合效应($s\bar{x}$) (表4)。随着水浸提液浓度升高,化感效应逐渐增强。此外,综合比较根、茎、叶水浸提液的化感敏感指数,叶的化感效应最强,其化感敏感指数的算术平均值为0.386,分别为根(0.180)和茎(0.151)的2.14倍和2.56倍。Turk & Tawaha (2003)和郑丽等(2005)的研究表明,叶片含的化感物质较多,据本研究结果推测金发草叶片积累的化感物质可能大于根和茎中积累的化感物质。作物不同发育阶段对金发草化感作用的敏感程度不同,金

发草对作物幼苗期的化感效应是萌发期的2.59倍。

3 讨论

金发草对供试受体植物种子的萌发表现为抑制效应,这种抑制效应表现在对受体植物最终萌发率、萌发速率等参数的差异上。研究表明,金发草水浸提液对受体植物最终发芽率影响不显著,但发芽速率却显著受到抑制,说明金发草对于植物种子萌发的影响主要表现在延迟发芽时间,使出苗延后,这种后果将会影响受体植物对地上和地下部分资源的竞争力(郑丽等,2005)。

金发草对作物幼苗生长的化感效应大于对种子

表4 金发草水浸提液对受体植物的化感效应

Table 4 Allelopathic effect of aqueous extract of *P. panicum* on four receptors (RI)

处理 Treatment (mg · L ⁻¹)	化感敏感指数 Index of allelopathic effect (RI)												$s\bar{x}$
	最终发芽率 Final germination			发芽速率 Germination			苗高 Seedling height			根长 Root length			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
0.025	0.052	0.011	0.053	0.206	0.105	0.209	0.111	0.173	0.265	0.145	0.183	0.195	0.142
0.050	0.019	0.008	0.059	0.211	0.079	0.306	0.142	0.152	0.290	0.239	0.202	0.502	0.184
0.075	0.022	0.030	0.058	0.264	0.158	0.347	0.145	0.216	0.282	0.349	0.316	0.983	0.264
0.100	0.022	0.013	0.080	0.268	0.181	0.431	0.183	0.195	0.561	0.504	0.393	1.550	0.365
$s\bar{x}$	0.029	0.016	0.063	0.237	0.131	0.323	0.145	0.184	0.350	0.309	0.274	0.808	

萌发的化感效应。总体看来,金发草水浸提液抑制受体植物幼苗地下部分的生长而促进地上部分的生长,这可能是由于受体植物的不同器官对金发草水浸提液的敏感程度不同或反应方式不同,也可能是由于金发草水浸提液中含有多种化感物质,由于受体植物幼苗不同器官对不同化感物质的敏感性不同而表现出不同的化感效应。金发草的化感物质使作物幼苗的根长受到抑制,将会导致植株根系变小,吸水、吸收营养物质的能力减弱,尽管在幼苗阶段可以增加受体植物地上部分的生长,但由于其地下部分受抑,最终会导致植物地上部分营养供应不足,而影响到地上部分的生长与发育。

金发草不同器官的化感效应有所不同,3种营养器官的化感效应为叶>根>茎。揭示金发草的化感物质可能主要存在于叶片中。

金发草在自然界中分布广泛,能够在各种各样的环境中生长,甚至在极端恶劣的环境如岩石表面、人工渠的石缝中都能生长,其种子小而轻,可以随风传播到其他地方发芽、生长,并且其茎节也可以长出不定根或不定芽,根系十分发达。此外,金发草具有

较高的遗传多样性水平。上述特征均表明金发草在自然界具有较强的生存竞争能力,这可能也与其具有化感作用有关。植物的化感作用对生态系统的种类组成、结构、功能、演替等造成一定的影响。金发草化感作用的研究刚刚起步,其所含化感物质的种类尚不清楚,金发草如何影响其他植物种子萌发、幼苗生长以及生理过程等问题,均有待于进一步进行深入、系统的研究。总之,在利用金发草这一资源之前,尚有许多问题要解决。

参考文献:

- 徐汝梅,叶万辉. 2003. 生物入侵. 理论与实践[M]. 北京: 科学出版社
- Bai JW(白景文), Luo CD(罗承德), Li X(李西), et al. 2005. The research of drought resistance about two wild rock-plant(两种岩生植物的抗旱适应性研究)[J]. *J Sichuan Agric Univ* (四川农业大学学报), 23(3): 290-294
- Brückner DJ, Lepossa A, Herpai Z. 2003. Inhibitory effect of ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) inflorescence extract on the germination of *Amaranthus hypochondriacus* and growth of two soil algae[J]. *Chemosphere*, 51: 515-519

(下转第 543 页 Continue on page 543)

使用微丝骨架解聚剂对橡胶树进行刺激采胶的研究

孟春晓, 高政权*

(山东理工大学 生命科学学院, 山东 淄博 255049)

摘要: 初步研究了不同浓度的(1%, 5%, 10%)KI、饱和浓度的大环内酯作为微丝骨架解聚剂对橡胶树的刺激排胶效果。2%的甲基纤维素处理的橡胶树作为空白。测定了各处理橡胶树的胶乳产量及胶乳的6种生理参数,即干胶含量、总固形物含量、蔗糖含量、无机磷含量、硫醇含量以及镁离子含量。结果表明施用1% KI和饱和浓度大环内酯的橡胶树胶乳产量大量增加,其增产幅度与作为天然橡胶常用刺激采胶剂——0.3%的乙烯利的增产幅度大致相当。比较通过1% KI和饱和浓度大环内酯刺激采胶的胶乳和0.3%的乙烯利刺激采胶的胶乳的各生理参数发现,3种处理得来的胶乳干胶含量和总固形物含量并没有明显的差别,但各处理的其它4个生理参数却差别明显,这意味着KI和饱和浓度大环内酯使橡胶树胶乳增产机制可能与乙烯利的机制不同。值得一提的是,高浓度的KI对橡胶树有明显的副作用,长时间的使用会引起橡胶树死皮病的发生。

关键词: 细胞骨架; 解聚剂; 碘化钾; 大环内酯; 采胶

(上接第530页 Continue from page 530)

- Chen H(陈红), Li SC(李绍才), Peng L(彭丽), et al. 2005. The research of the patterns on branch module and its differentiation from vary substrates for *Pogonatherum paniceum* (金发草构件格局及其环境变异)[J]. *Guihaia*(广西植物), 25(1):18-21
- Chen H(陈红), Wang HY(王海洋). 2004. Differentiation of population structure of *Pogonatherum paniceum* on different substrates(不同基质条件下金发草的种群结构差异)[J]. *J Southwest Agric Univ(Nat Sci)*(西南农业大学学报·自然科学版), 26(4):448-451
- Fang F(方芳), Mao W(茅玮), Guo SL(郭水良). 2005. Study on allelopathic effects of invasive plant annual fleabane(入侵杂草一年蓬的化感作用研究)[J]. *Bull Bot Res*(植物研究), 25(4):449-452
- Ma DW(马丹炜), Wang SH(王胜华), Luo T(罗通), et al. 2006. Effects of environmental factors on the genetic diversity of *Pogonatherum paniceum*(环境因子对岩生植物金发草遗传多样性的影响)[J]. *Acta Univ Sunyatseni (Sci Nat)*(中山大学学报·自然科学版), 45(2):73-77
- Peng L(彭丽), Li SC(李绍才), Wang HY(王海洋). 2004. Distribution patterns and interspecific association of *Pogonatherum paniceum* population(金发草种群分布格局和种间关联)[J]. *J Southwest Agric Univ(Nat Sci)*(西南农业大学学报·自然科学版), 26(6):689-692
- Shao H(邵华), Peng SL(彭少麟), Zhang C(张弛), et al. 2003. Allelopathic potential of *Mikania micrantha*(微甘菊的化感作用研究)[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志), 22(5):62-65
- Shen HM(沈慧敏), Guo HR(郭鸿儒), Huang GB(黄高宝). 2005. Allelopathy of different plants on wheat, cucumber and radish seedlings(不同植物对小麦、黄瓜和萝卜幼苗化感作用潜力的初步评价)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 16(4):740-743
- Turk MA, Tawaha AM. 2003. Allelopathic effect of black mustard(*Brassica nigra*) on germination and growth of wild oat (*Avena fatua*)[J]. *Crop Protection*, 22:673-677
- Wang HY(王海洋), Peng L(彭丽), Li SC(李绍才), et al. 2005. Growth characteristics of rock plant *Pogonatherum paniceum*[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 16(8):1432-1436
- Zheng L(郑丽), Feng YL(冯玉龙). 2005. Allelopathic effects of *Eupatorium adenophorum* on seed germination and seedling growth in ten herbaceous species[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 25(10):2782-2787