

豆科牧草对 4 种农田常见杂草和水稻化感作用的研究

王瑞龙, 张墨溪, 宋圆圆, 胡林, 苏贻娟, 曾任森*

农业部生态农业重点开放实验室//广东省高等学校农业生态与农村环境重点实验室//华南农业大学热带亚热带生态研究所, 广东 广州 510642

摘要: 采用室内生测试验评价了白三叶、紫花苜蓿和毛苕子等 3 种豆科牧草新鲜茎叶的水浸提液对狗牙根、稗草、马唐和牛筋草等 4 种农田常见杂草种子萌发和幼苗生长的化感作用。利用盆栽试验研究 3 种豆科牧草的茎叶按不同比例与土混匀后对水稻秧苗生长的影响。结果表明: 供体豆科牧草茎叶的水浸提液对狗牙根、稗草、马唐和牛筋草等的萌发率和幼苗生长均有不同程度的抑制作用, 且随着水浸提液质量浓度的增加其抑制作用增强。浸提液质量浓度为 $0.1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时, 毛苕子对稗草种子萌发的抑制作用强于其它 3 种, 抑制率达 50.8%; 毛苕子对牛筋草幼苗根的抑制作用最强, 抑制率达 59.9%; 白三叶对稗草幼苗茎的抑制率达 54.3%。同时将豆科牧草的 $m_{\text{新鲜茎叶}}:m_{\text{土}}$ 为 1% 和 2% 时, 对水稻的苗高和地上部分的生物量有促进作用, 3% 时则抑制了水稻的生长。研究表明: 施用适量的豆科牧草可以促进水稻生长, 同时可有效控制稻田杂草。

关键词: 豆科牧草; 化感作用; 杂草控制

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号: 1674-5906 (2010) 10-2307-06

杂草每年对作物生产造成巨大的经济损失。施用化学除草剂在有效地防除杂草的同时, 也对环境造成了严重的污染, 并且除草剂使用一定时间后, 杂草往往会产生抗性, 从而使除草剂使用量增加, 进一步加剧对环境的破坏^[1-3]。

化感作用(allelopathy)是指高等植物通过次生代谢所产生的化学物质释放到环境中, 对邻近植物或自身产生不利或有利的影 响, 是植物适应环境、提高生存与竞争能力的一种重要手段^[4-7]。利用作物化感作用的特性来控制农田杂草引起了科学家们的广泛兴趣^[8-12]。如高粱(*Sorghum bicolor*)、水稻(*Oryza sativa*)、向日葵(*Helianthus annuus*)、小麦(*Triticum aestivum*)和玉米(*Zea mays*)等的一些品种可通过水淋溶、根系分泌物和凋落物降解等途径向周围环境中释放化感物质从而抑制杂草的萌发和生长^[13]。将油菜(*Brassica campestris*)的残茎、根的用量按 $25 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 的比例混入土中能很好地抑制千金子(*Leptochloa chinensis*)、稗草(*Echinochloa crusgalli*)和鳢肠(*Eclipta prostrata*)的生长^[14]。

豆科牧草在农业生产中占主要的地位, 尤其是具有化感作用的豆科牧草引起人们的关注。如红三叶(*Trifolium Pratense*)的腐解物可以显著地抑制杂草野芥菜(*Brassica kaber*)根的生长^[15]。苜蓿(*Medicago sativa*)能够有效地减少下茬谷类作物中野芥菜、加拿大蓟(*Crisium arvense*)、猪殃殃(*Galium aparine*)和野燕麦(*Avena fatua*)等杂草的生长^[16]。同

时苜蓿可作为天然除草剂, 可以明显地减少稻田中杂草的数量^[17]。白三叶(*Trifolium repens*)的滤液可以有效地抑制酸模(*Rumex acetosa*), 长叶车前草(*Plantago lanceolata*), 黄花茅(*Anthoxanthum odoratum*)和多年生黑麦草(*Lolium perenne*)等杂草的生长^[18]。Fujii 通过对 53 种覆盖植物的化感能力进行评价, 结果表明毛苕子(*Vicia villosa*)是最有潜力的化感覆盖作物, 可以有效地防除杂草, 减少除草剂使用^[19-20]。

为了筛选出对华南地区农田常见杂草萌发或幼苗生长具有化感作用的豆科牧草, 本文研究了白三叶、紫花苜蓿和毛苕子对狗牙根(*Cynodon dactylon*)、稗草、马唐(*Digitaria sanguinalis*)和牛筋草(*Eleusine indica*)等 4 种农田常见杂草种子萌发和幼苗生长的影响, 以及盆栽试验研究白三叶、紫花苜蓿和毛苕子分别和土按不同比例混匀时对水稻秧苗生长的影响。研究可为生态农业提供具有生物防除杂草效果的豆科植物, 同时有望开发出新型的天然除草剂。

1 材料与方法

1.1 实验材料

以白三叶、紫花苜蓿和毛苕子为供体植物。2010 年 3 月播种于华南农业大学农场温室内, 5 月中旬分别采集供体植物的新鲜茎叶。以狗牙根、稗草、马唐、牛筋草和水稻(石狩白毛, *Oryza sativa* L. cv. Ishikari-shiroge)为受体植物。白三叶、紫花苜蓿和狗牙根种子购买于广州市种子公司, 稗草、马唐

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(31000260; 30870390); 广东省科技计划项目(2008A030101008, 2008B021500001); 华南农业大学校长基金项目(4100-k09128)

作者简介: 王瑞龙(1976 年生), 男, 助研, 博士, 从事化学生态学研究。E-mail: rlw2009@scau.edu.cn

*通讯作者: 曾任森(1965 年生), 男, 教授, 博导, 从事化学生态学研究。E-mail: rszeng@scau.edu.cn

收稿日期: 2010-09-24

和牛筋草种子采自增城试验农场，水稻和毛苕子种子由本实验室提供。

1.2 试验方法

1.2.1 水浸提液的制备

分别采集白三叶、紫花苜蓿和毛苕子等供体植物的新鲜茎叶 50 g，用 500 mL 蒸馏水室温下浸提 24 h，获得 0.1 g·mL⁻¹ 的水浸提液。浸提液经二次过滤，第一次用定量滤纸过滤，第二次用 0.45 μm 的滤膜过滤。得到不含微生物污染的浸提液作为母液。将母液用蒸馏水稀释为试验所需的 0.05 和 0.025 g·mL⁻¹ 的水浸提液。

1.2.2 室内生测试验

在直径为 9 cm 的玻璃培养皿中放入 2 层滤纸，分别加入 5 mL 的水浸提液，对照组中加入等量的蒸馏水。受体植物种子用 0.5% KMnO₄ 消毒 15 min，用蒸馏水冲洗 2~3 次。每个培养皿中均匀的放入受体植物的种子 25 粒后置于光照人工气候箱(温度 25 ℃，光照时间 14 h·d⁻¹，光照强度 20 000 lx)中培养。每天记录中种子的发芽数，试验结束后分别测量受体植物的根长和苗高。试验设 3 次重复。

1.2.3 盆栽试验

试验用土采自华南农业大学农场稻田，过筛后混匀备用。分别称取新鲜供体植物的茎叶 3、6 和 9 g，与 300 g 土相混匀后置于直径为 9 cm 的塑料杯中，加入足量的水置于温室中(温度 25 ℃，光照时间 14 h·d⁻¹)。7 d 后将水稻秧苗(三叶一心)种植于杯中，每杯 1 株。40 d 后测量水稻的苗高。剪取水稻的地上部分，在 105 ℃ 杀青 0.5 h，然后 70 ℃ 烘干至恒质量。

1.3 统计方法

用 SPSS 13.0 软件对数据进行单因素方差分析，差异显著性分析采用 Duncan 多重比较法，数据为平均值±标准误。

2 结果与分析

2.1 豆科牧草水浸提液对 4 种杂草萌发的影响

白三叶、紫花苜蓿和毛苕子等茎叶水浸提液对狗牙根、稗草、马唐和牛筋草等 4 种杂草的萌发率有明显的抑制作用且均达显著水平($P<0.05$)，且随着水浸提液浓度的增加其抑制作用增强(表 1)。与对照相比，质量浓度为 0.025，0.05 和 0.1 g·mL⁻¹ 的毛苕子水浸提液处理使稗草种子的发芽率分别比对照降低了 28.8%、45.8%和 50.8%，马唐种子的发芽率分别比对照降低了 19.4%、31.3%和 49.3%，狗牙根种子的发芽率分别比对照降低了 14.5%、21.8%和 36.4%。毛苕子的水浸提液浓度为 0.025 g·mL⁻¹ 时对牛筋草种子发芽率影响较小，当浓度为 0.05 和 0.1 g·mL⁻¹ 时牛筋草种子发芽率分别降低了 21.6%和 49.0%。白三叶对 4 种杂草的发芽率影响最大的是牛筋草，浓度为 0.025、0.05 和 0.1 g·mL⁻¹ 时，牛筋草种子的发芽率分别比对照降低了 15.7%、21.6%和 37.3%。而紫花苜蓿对 4 种杂草的发芽率影响最大的是狗牙根，质量浓度为 0.025、0.05 和 0.1 g·mL⁻¹ 时，狗牙根种子的发芽率分别比对照降低了 10.9%、30.9%和 43.6%。

2.2 豆科牧草水浸提液对 4 种杂草幼苗根长生长的影响

与对照相比，当质量浓度为 0.025、0.05 和 0.1 g·mL⁻¹ 时，毛苕子水浸提液对稗草和牛筋草的根生长抑制作用较强，对稗草根长的抑制率分别为 20.8%，44.4%和 55.6%，对牛筋草根长的抑制率分别为 28.7%、48.7%和 59.9%(表 2)；紫花苜蓿对狗牙根和马唐的根长抑制作用较强，对狗牙根根生长的抑制率分别为 25.0%、44.7%和 49.6%；对马唐根生长的抑制率分别 18.5%、32.1%和 58.1%。白三叶对 4 种杂草中马唐的根长抑制作用较强，尤其是质量浓度为 0.1 g·mL⁻¹ 时，抑制率达到 63.6%(表 2)。

表 1 豆科牧草水浸提液对狗牙根、稗草、马唐和牛筋草种子萌发率的化感作用

Table 1 Effects of aqueous leachates of forage legumes on the seed germination of *Cynodon dactylon*, *Echinochloa crusgalli*, *Digitaria sanguinalis* and *Eleusine indica*

水浸提液来源	质量浓度/(g·mL ⁻¹)	种子萌发率/%			
		狗牙根(<i>C. dactylon</i>)	稗草(<i>E. crusgalli</i>)	马唐(<i>D. sanguinalis</i>)	牛筋草(<i>E. indica</i>)
对照	0	73.3±4.8 a	78.7±3.5 ab	89.3±3.5 a	68.0±8.3 a
白三叶(<i>T. repens</i>)	0.025	76.0±2.3 a	85.3±1.3 a	82.7±3.5 ab	57.3±5.8 ab
	0.05	58.7±7.1 bc	73.3±2.7 ab	70.7±3.5 bcd	53.3±4.8 ab
	0.1	42.7±3.5 d	65.3±5.8 bc	62.7±7.1 cd	42.7±3.5 bc
毛苕子(<i>V. villosa</i>)	0.025	62.7±3.5 ab	56.0±6.1 cd	72.0±6.1 bcd	69.3±4.8 a
	0.05	57.3±4.8 bc	42.7±7.4 de	61.3±3.5 cde	53.3±3.5 ab
	0.1	46.7±5.8 cd	38.7±2.7 e	45.3±4.8 e	34.7±2.7 c
紫花苜蓿(<i>M. sativa</i>)	0.025	65.3±4.8 ab	76.0±2.3 ab	78.7±4.8 abc	64.0±4.6 a
	0.05	50.7±3.5 bcd	72.0±8.3 ab	70.7±8.1 bcd	54.7±5.8 ab
	0.1	41.3±3.5 d	50.7±5.8 cde	54.7±5.8 de	42.7±4.8 bc

同列中不同字母间差异显著($P<0.05$)

表 2 豆科牧草水浸提液对狗牙根、稗草、马唐和牛筋草幼苗根长的化感作用

Table 2 Effects of aqueous leachates of forage legumes on the root growth of *Cynodon dactylon*, *Echinochloa crusgalli*, *Digitaria sanguinalis* and *Eleusine indica*

水浸提液来源	质量浓度/(g·mL ⁻¹)	杂草根长/mm			
		狗牙根(<i>C. dactylon</i>)	稗草(<i>E. crusgalli</i>)	马唐(<i>D. sanguinalis</i>)	牛筋草(<i>E. indica</i>)
对照	0	10.7±0.7 b	22.0±0.7 a	21.5±0.6 a	23.5±0.8 b
白三叶(<i>T. repens</i>)	0.025	15.9±0.7 a	18.8±0.7 b	15.2±0.4 c	26.8±0.5 a
	0.05	8.7±0.5 c	11.1±0.3 ef	12.0±0.7 d	17.5±0.7 c
	0.1	5.8±0.4 d	10.7±0.5 ef	7.8±0.4 e	12.9±0.7 d
毛苕子(<i>V. villosa</i>)	0.025	8.3±0.4 c	17.4±0.7 bc	18.1±0.7 b	16.8±0.8 c
	0.05	8.2±0.5 c	12.2±0.5 de	15.0±0.5 c	12.1±0.5 d
	0.1	5.8±0.3 d	9.8±0.4 f	10.7±0.4 d	9.4±0.5 f
紫花苜蓿(<i>M. sativa</i>)	0.025	8.1±0.5 c	16.9±0.7 c	17.6±0.5 b	28.4±0.6 a
	0.05	5.9±0.2 d	13.0±0.6 d	14.6±0.5 c	18.3±0.9 c
	0.1	5.4±0.3 d	10.5±0.4 ef	9.0±0.4 e	14.1±0.8 d

同列中不同字母间差异显著($P<0.05$)

2.3 豆科牧草水浸提液对 4 种杂草幼苗苗高生长的影响

与对照相比,白三叶对稗草苗生长的抑制作用最强,质量浓度为 0.025,0.05 和 0.1 g·mL⁻¹ 时,对稗草苗高的抑制率分别为 28.6%、41.0%和 54.3%(表 3)。白三叶、毛苕子和紫花苜蓿在低质量浓度 0.025 g·mL⁻¹ 时对狗牙根、马唐和牛筋草的苗高有一定的促进作用,而在高质量浓度 0.05 和 0.1 g·mL⁻¹ 时,则表现为抑制作用。水浸提液质量浓度为 0.05 和 0.1 g·mL⁻¹ 时毛苕子对狗牙根和牛筋草苗高的抑制作用较强,对狗牙根苗高的抑制率分别为 24.1%和 38.1%,对牛筋草苗高的抑制率为 36.0%和 42.4%;紫花苜蓿对马唐苗高的抑制率分别为 14.3%和 50.4%(表 3)。

2.4 豆科牧草对水稻生长的影响

当白三叶、紫花苜蓿和毛苕子的 $m_{(新鲜茎叶)}:m_{(土)}$ 分别为 1%和 2%时,水稻的苗高分别为 69.32 和 72.67 cm;70.04 和 74.98 cm;74.74 和 68.28 cm;

与对照相比水稻苗高分别增加了 12.2%和 17.6%,13.3%和 21.3%,20.9%和 10.5%(图 1)。其中 $m_{(新鲜茎叶)}:m_{(土)}=1\%$ 时,毛苕子对水稻苗高的促进作用最强,为 20.9%; $m_{(新鲜茎叶)}:m_{(土)}=2\%$ 时,紫花苜蓿对水稻苗高的促进作用最强为 21.3%。但是当白三叶、紫花苜蓿和毛苕子分别以 $m_{(新鲜茎叶)}:m_{(土)}=3\%$ 混匀时,对水稻的苗高有一定的抑制作用,抑制率分别为 8.5%,15.9%和 20.8%,其中毛苕子的抑制作用最强(图 1)。

白三叶、紫花苜蓿和毛苕子分别以 $m_{(新鲜茎叶)}:m_{(土)}=1\%$,2%时,对水稻地上部分的生物量有促进作用,其中 $m_{(新鲜茎叶)}:m_{(土)}=1\%$ 时毛苕子的促进作用最强为 14.15%, $m_{(新鲜茎叶)}:m_{(土)}=2\%$ 时,紫花苜蓿的促进作用最强为 17.57%(图 2)。当 $m_{(新鲜茎叶)}:m_{(土)}=3\%$ 时,白三叶、紫花苜蓿和毛苕子使水稻地上部分的生物量明显减少,其抑制率分别为 12.3%、23.7%和 28.6%。

3 结论与讨论

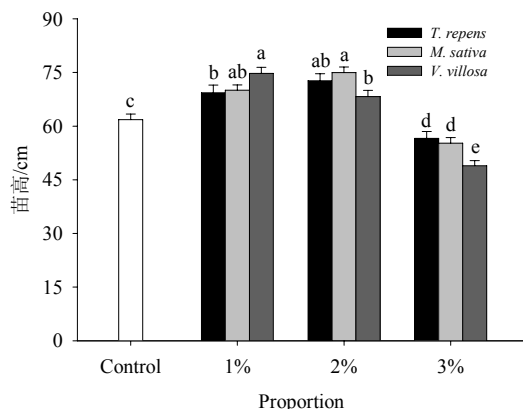
利用豆科牧草的化感作用抑制田间杂草已有

表 3 豆科牧草水浸提液对狗牙根、稗草、马唐和牛筋草幼苗苗高的化感作用

Table 3 Effects of aqueous leachates of forage legumes on the shoot growth of *Cynodon dactylon*, *Echinochloa crusgalli*, *Digitaria sanguinalis* and *Eleusine indica*

水浸提液来源	质量浓度/(g·mL ⁻¹)	杂草苗高/mm			
		狗牙根(<i>C. dactylon</i>)	稗草(<i>E. crusgalli</i>)	马唐(<i>D. sanguinalis</i>)	牛筋草(<i>E. indica</i>)
对照	0	13.1±0.6 c	28.2±0.9 a	23.0±0.9 b	13.1±0.7 bc
白三叶(<i>T. repens</i>)	0.025	19.3±0.5 a	20.2±1.0 bc	26.4±0.8 a	17.5±1.0 a
	0.05	9.8±0.5 de	16.7±0.8 de	21.8±0.7 bc	13.6±0.8 b
	0.1	8.4±0.6 de	12.9±0.8 f	18.8±1.1 de	11.8±0.6 bc
毛苕子(<i>V. villosa</i>)	0.025	17.6±0.7 b	21.6±0.7 b	20.9±0.7 bcd	17.5±0.5 a
	0.05	9.9±0.7 d	18.7±0.9 cd	16.6±0.6 e	8.4±0.6 e
	0.1	8.1±0.7 e	15.8±0.8 e	13.3±0.6 f	7.6±0.4 e
紫花苜蓿(<i>M. sativa</i>)	0.025	18.2±0.4 ab	21.5±0.9 b	27.6±1.0 a	16.2±0.9 a
	0.05	10.0±0.4 d	18.8±0.7 cd	19.7±1.0 cd	11.0±0.7 cd
	0.1	8.2±0.7 de	14.8±0.7 ef	11.4±0.9 f	9.6±0.6 de

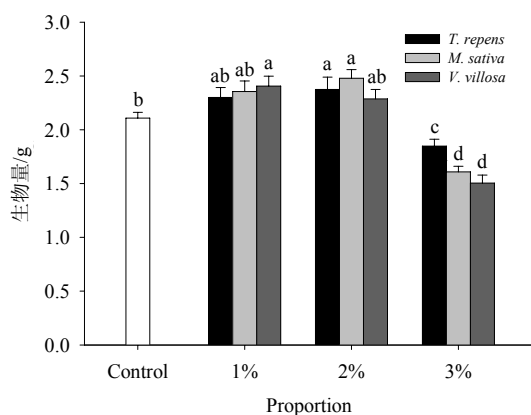
同列中不同字母间差异显著($P<0.05$)



图中不同字母表示差异显著($P < 0.05$)

图1 在盆栽中不同比例的白三叶、紫花苜蓿和毛苕子新鲜茎叶混入土壤中对水稻苗高的影响

Fig. 1 Effects of the incorporation of fresh shoots of *Trifolium repens*, *Medicago sativa* and *Vicia villosa* in proportion of 1%, 2% and 3% into the soils in pots on the shoot growth of rice



图中不同字母表示差异显著($P < 0.05$)

图2 在盆栽中不同比例的白三叶、紫花苜蓿和毛苕子新鲜茎叶混入土壤中对水稻生物量的影响

Fig. 2 Effects of the incorporation of fresh shoots of *Trifolium repens*, *Medicago sativa* and *Vicia villosa* in proportion of 1%, 2% and 3% into the soils in pots on the biomass of rice

较多报道。Ohno 等^[21]研究表明红三叶的残体向土壤中释放酚酸类化感物质能显著地抑制杂草野芥(*Sinapis arvensis*)根的生长,同时论证了利用豆科植物做为绿肥来控制稻田中杂草的可行性。豆科饲草根叶山蚂蝗(*Desmodium uncinatum*)和绿叶山蚂蝗(*Desmodium intortum*)可显著地减少玉米地中寄生的杂草独脚金(*Striga hermonthica*)的数量^[22-23]。Caamal-Maldonado 等^[24]研究了4种豆科饲草绒毛豆(*Mucuna deeringian*)、银合欢(*Leucaena leucocephala*)、刀豆(*Canavalia ensiformis*)和野生Tamarind(*Lysiloma latisiliqua*)对玉米田中杂草和土壤线虫的影响,结果表明:4种豆科饲草都具有减

少玉米田间杂草的效果,其中绒毛豆作用效果最强,使杂草减少了68%,同时利用绒毛豆作为覆盖物可使线虫数量减少50%以上。Abdul 和 Habib^[25]试验表明紫花苜蓿根中的皂甙能抑制稗草和蒲公英(*Taraxacum officinale*)的生长和发育。在免耕系统中将毛苕子翻埋可以有效地抑制田间杂草^[26]。用毛苕子和绛三叶(*Trifolium incarnatum*)作为绿肥可明显地减少洼地薯(*Ipomoea lacunosa*)的危害^[27]。

本研究结果显示,当白三叶、毛苕子和紫花苜蓿水浸提液质量浓度为 $0.1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时,分别对牛筋草、稗草和狗牙根种子的发芽率抑制作用最大,抑制率分别为37.3%、50.8%和43.6%。同样白三叶、毛苕子和紫花苜蓿的水浸提液对杂草幼苗根长和苗高的作用也存在种间差异。Hong 等^[28]研究也表明,植物在不同的生长周期和生长阶段所显示出的化感潜力不同,并且化感植物对杂草的抑制作用具有一定的专属性和种间差异。对受体植物的化感作用强度的种间或品种间差异与化感物质浓度有密切关系^[29-31]。Fujii^[32-33]试验结果显示毛苕子含有对杂草具有选择性抑制效果的化感物质,可直接利用毛苕子抑制田间杂草来减少化学除草剂的使用。

当白三叶、紫花苜蓿和毛苕子分别以 $m_{\text{新鲜茎叶}}:m_{\text{土}}$ 为1%和2%混合时,混合土对水稻的苗高和地上部分的生物量有促进作用。其中比例为1%时,毛苕子的促进作用最大;比例为2%时,紫花苜蓿的促进作用最强。但是当比例增加到3%时,对水稻的苗高和生物量有抑制作用,其中毛苕子抑制作用最强。试验结果同样表明植物的化感作用具有明显的浓度效应,即具有低质量浓度促进高质量浓度抑制的现象^[14]。白三叶、紫花苜蓿和毛苕子可以地抑制杂草的萌发和生长,还可以增加水稻的苗高和生物量,这与试验材料本身含有N、P、K等营养元素相关。但随着使用量的增加,化感物质的含量不断地增加,对水稻的生长有抑制作用。这与Xuan 等^[34]报道的紫花苜蓿对杂草和水稻产量影响的结果相似。紫花苜蓿草粉施用量为 $1 \sim 2 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时可完全抑制稻田里的母草(*Lindernia pyxidaria*)、蛇眼草(*Dopatrium junceum*)等杂草的生长,同时显著降低了单位面积杂草数量和干质量^[30]。因此在农业实践中需注意豆科牧草品种的选择和用量,达到既可控制杂草的生长,又可增加作物产量的目的。

本文仅在温室盆栽中评价了豆科牧草化感潜力,还需进一步做大面积田间试验进行验证。豆科牧草具有的化感作用可以减少除草剂的使用量,实现对杂草的生态防除。因此,利用豆科牧草化感作用的特性防除杂草在未来可持续生态农业发展中具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] SARMAH A K, SABADIE J. Hydrolysis of sulfonylurea herbicides in soils and aqueous solutions[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2003, 50(22): 6263-6265.
- [2] 周军英, 程燕. 农药生态风险评价研究进展[J]. 生态与农村环境学报, 2009, 25(4): 95-99.
ZHOU Junying, CHENG Yan. Advancement in the study of pesticides ecological risk assessment[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2009, 25(4): 95-99.
- [3] 欧晓明. 农药在环境中的水解机理及其影响因子研究进展[J]. 生态环境, 2006, 15(6): 1352-1359.
OU Xiaoming. Hydrolysis and its influencing factors of pesticides in environment: a review[J]. Ecology and Environment, 2006, 15(6): 1352-1359.
- [4] 阎飞, 杨振明, 韩丽梅. 植物化感作用及其作用物的研究方法[J]. 生态学报, 2000, 20(4): 692-695.
YAN Fei, YANG Zhenming, HAN Limei. Review on research methods for allelopathy and allelochemicals in plants[J]. Acta Ecologica Sinica, 2000, 20(4): 692-695.
- [5] 王大力, 马瑞霞, 刘秀芬. 水稻化感物质资源的初步研究[J]. 中国农业科学, 2000, 33(3): 94-96.
WANG Dali, MA Ruixia, LIU Xiufen. A preliminary study on the allelopathic activity of rice germplasm[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2000, 33(3): 94-96.
- [6] RICE. Allelopathy[M]. New York: Academic Press, 1974.
- [7] 曾任森. 化感作用研究中的生物测定方法综述[J]. 应用生态学报, 1999, 10(1): 123-126.
ZENG Rensen. Review on bioassay methods for allelopathy research[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1999, 10(1): 123-126.
- [8] RICE E L. Biological Control of Weeds and Plant diseases: Advances in Applied Allelopathy[M]. Norman: University of Oklahoma Press, 1995.
- [9] WESTON L A. Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems[J]. Agronomy Journal, 1996, 88(6): 860-866.
- [10] 李志华, 沈益新, 倪建华, 等. 豆科牧草化感作用初探[J]. 草业科学, 2002, 19(8): 28-31.
LI Zhihua, SHEN Yixin, NI Jianhua, et al. A preliminary study on the allelopathy of legumes[J]. Pratacultural Science, 2002, 19(8): 28-31.
- [11] 郭晓霞, 沈益新, 李志华. 几种豆科牧草地上部水浸提液对稗草种子和幼苗的化感效应[J]. 草业学报, 2006, 14(4): 356-359.
GUO Xiaoxia, HEN Yixin, LI Zhihua. A study on the allelopathic effect of water extracts from aerial part of legume herbage on germination and seedling growth of barnyard grass[J]. Acta Agrestia Sinica, 2006, 14(4): 356-359.
- [12] 郭晓霞, 郭彩霞, 沈益新. 毛苕子对3种杂草种子萌发和幼苗生长的化感抑制[J]. 草业学报, 2007, 16(2): 90-93.
GUO Xiaoxia, WU Caixia, SHEN Yixin. Allelopathic effects of hairy vetch on seed germination and seedling growth of three weeds[J]. Acta Agrestia Sinica, 2007, 16(2): 90-93.
- [13] TEASDALE J R. Cover crops, smother plants, and weed management[C]// Hatfield J L, Buhler D D, Stewart BA, E. Integrated Weed and Soil Management. Chelsea: Ann Arbor Press, 1998: 247-270.
- [14] 王敬亚, 董立尧, 李俊, 等. 利用前茬作物残茎根防除直播稻田杂草[J]. 植物保护学报, 2009, 36(1): 82-88.
WANG Jingya, DONG Liyao, LI Jun, et al. The utilization of crop residues from former rotation to control weeds in direct-seeding rice field [J]. Acta Phytopylacica Sinica, 2009, 36(1): 82-88.
- [15] OHNO T, DOOLAN K L. Effects of red clover decomposition on phytotoxicity to wild mustard seedling growth[J]. Applied Soil Ecology, 2002, 16(2): 187-192.
- [16] OMINSKI P D, ENTZ M H, KENKEL N. Weed suppression by *Medicago sativain* subsequent cereal crops: a comparative survey[J]. Weed Science, 1999, 47: 282-290.
- [17] HEGDE R S, MILLER D A. Concentration dependency and stage of crop growth in alfalfa autotoxicity[J]. Agronomy journal, 1992, 84(6): 940-946.
- [18] MILLER D A. Allelopathy in forage crop systems: allelopathy in cropping systems[J]. Agonomy Journal, 1996, 88(6): 854-859.
- [19] FUJII Y. Screening and future exploitation of allelopathic plants as alternative herbicides with special reference to hairy vetch[J]. Crop Production, 2001, 4(2): 257-275.
- [20] FUJIHARA S, YOSHIDA M. Allelopathy of hair vetch, *Vicia villosa* Rosa Roth. and its application for crop production as mulching material[J]. Bulletin of the Shikoku National Agricultural Experiment Station, 2000, 65: 17-32.
- [21] OHNO T, DOOLAN K, ZIBILSKE L M, et al. Phytotoxic effects of red clover amended soils on wild mustard seedling growth[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2000, 78(2): 187-192.
- [22] 李志华, 沈益新, 倪建华, 等. 豆科牧草化感作用初探[J]. 草业科学, 2002, 19(8): 28-31.
LI Zhihua, SHEN Yixin, NI Jianhua, et al. A preliminary study on the allelopathy of legumes[J]. Pratacultural Science, 2002, 19(8): 28-31.
- [23] KHAN Z R, AHMED H, OVERHOLT W, et al. Control of witchweed *Striga hermonthica* by intercropping with *Desmodium* spp., and the mechanism defined as allelopathic[J]. Journal of Chemical Ecology, 2002, 28(9): 1871-1885.
- [24] CAAMAL-MALDONADO J A, JIMÉNEZ-OSORNIO J J, TOMES-BARRAGÁN A T, et al. The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping systems[J]. Agronomy Journal, 2001, 93: 27-36.
- [25] ADBUL-RAHMAN A A, HABIB S A. Allelopathic effect of alfalfa (*Medicago Sativa*) on bladygrass (*Imperata cylindrical*)[J]. Journal of Chemical Ecology, 1989, 15: 2289-2300.
- [26] JOHNSON G A, DEFELICE M S, HELSEL Z R. Cover crop management and weed control in corn (*Zea mays*) [J]. Weed Technology, 1993, 7: 425-430.
- [27] WYMAN-SIMPSON C L, WALLER G R, TURZYSTA M, et al. Biological activity and chemical isolation of root saponins of six cultivars of alfalfa (*Medicago sativa* L.)[J]. Plant Soil, 1991, 135: 83-94.
- [28] HONG N H, XUAN T D, TSUZUKI E, et al. Weed control of four higher plant species in paddy rice fields in Southeast Asia[J]. Agronomy & Crop science, 2004, 190: 59-64.
- [29] XUAN T D, TSUZUKI E. Varietal differences in allelopathic potential of alfalfa[J]. Journal of Agronomy & Crop Science 2002, 188(1): 2-7.
- [30] XUAN T D, TSUZUKI E. Effects of application of alfalfa pellet on germination and growth of weeds[J]. Journal of Crop Production, 2001, 4(2): 303-312.
- [31] 王艳平, 汤陵华, 张红生, 等. 杂草对不同水稻品种化感作用的诱导效应[J]. 生态环境, 2005, 14(2): 250-252.
WANG Yanping, TANG Linghua, ZHANG Hongsheng, et al. Induction effect of some weeds on the allelopathy of rice varieties[J]. Ecology and Environment, 2005, 14(2): 250-252.
- [32] FUJII Y. Allelopathy of hairy vetch and *Mucuna*, their application for sustainable agriculture[C]// CHOU C H, WALLER G R. REINHARDT

- C. Biodiversity and allelopathy from organisms to ecosystems in the Pacific. Taipei: Academia Sinica, 1999: 289-300.
- [33] FUJII Y. Allelopathy in the natural and agricultural ecosystems and isolation of potent allelochemicals from Velvet bean (*Mucuna pruriens*) and Hairy vetch (*Vicia villosa*)[J]. Biological Sciences in Space, 2003, 17(1): 6-13.
- [34] XUAN T D, TSUZUKI E, UEMATSU H, et al. Weed control with alfalfa pellet in transplanting in rice[J]. Weed Biology and Management, 2001, 1: 231-235.

Allelopathic effect of forage legumes on four common cropland weeds and rice

WANG Ruilong, ZHANG Moxi, SONG Yuanyuan, HU Lin, SU Yijuan, ZENG Rensen*

Key Laboratory of Ecological Agriculture; Ministry of Agriculture//Key Laboratory of Agroecology and Rural Environment of Guangdong Regular Higher Education Institutions//Institute of Tropical and Subtropical Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China

Abstract: The allelopathic potentials of water leachates of three legume forages *Trifolium repens*, *Medicago sativa* and *Vicia villosa* on the seed germination and seedling growth of four common cropland weeds including *Cynodon dactylon*, *Echinochloa crusgalli*, *Digitaria sanguinalis* and *Eleusine indica* were evaluated in laboratory. The water leachates of the shoots of the three legume forages displayed significantly inhibitory effects on the germination and seedling growth of the tested plants, and the inhibitory effects increased with the concentrations of the water leachates. The water leachates of *V. villosa* at 0.1 g·mL⁻¹ inhibited the seed germination of *E. crusgalli* by 50.8%, and the root growth of *E. indica* by 59.9%. The water leachates of *T. repens* inhibited the shoot growth of *E. crusgalli* by 54.3%. Incorporation of 1% and 2% fresh shoots of the three legume forages into the soils in pots increased the shoot growth and biomass of rice, but 3% incorporation inhibited the rice growth. These results indicate that appropriate application of legume forages in paddy field not only stimulate rice growth but also control the weeds.

Key words: forage legumes; allelopathy; weed control