

邬彩霞,刘苏娇,赵国琦,等. 黄花草木樨的化感抑草作用[J]. 江苏农业科学,2015,43(7):98-101.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.07.033

# 黄花草木樨的化感抑草作用

邬彩霞,刘苏娇,赵国琦,倪杰

(扬州大学动物科学与技术学院,江苏扬州 225009)

**摘要:**采用实验室培养皿生物检测法研究 100 g/L 黄花草木樨(*melilotus officinalis* Desr.)水浸提液对黄花草木樨、红三叶(*Trifolium pretense* L.)、紫花苜蓿(*Medicago sativa* L. “Victoria”)、稗草[*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.]、山苦荬[*Lxeris chinensis* (Thunb.) Nakai]、车前草(*Plantago asiatica* L.)等 6 种植物种子萌发和幼苗生长的化感效应,通过春秋 2 季田间施用黄花草木樨干草粉试验,验证黄花草木樨的田间抑草效果,并与多种常用化学除草剂进行比较。结果表明,黄花草木樨水浸提液能显著影响红三叶、稗草、山苦荬、车前草、黄花草木樨、紫花苜蓿种子的发芽和幼苗生长,具有很强的化感抑草能力,但对不同植物的作用强度存在很大差异,所以在实际应用中要考虑到其化感作用的选择性。黄花草木樨干草粉能显著抑制田间杂草的数量,但其抑草作用持续时间较短,

**关键词:**黄花草木樨;干草粉;化感作用;抑草效果;种子萌发;幼苗生长

**中图分类号:** S541+.904 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)07-0098-04

农业生产中,杂草常降低作物产量、品质,给农业生产造成巨大损失。目前我国杂草防除主要依赖化学除草剂,大量使用除草剂造成严重的环境污染<sup>[1-2]</sup>。近年来,随着人们对化学除草剂危害认识的加深,杂草的生物防除方法日益受到关注。其中,利用植物化感作用进行杂草防除成为研究热点<sup>[3]</sup>。植物化感作用是利用植物自身防御或抗逆能力影响周围植物的生长发育,没有向生态系统中引入难降解的人工合成物质,不会带来农药残留等环境问题,因此,利用植物的化感作用控制田间杂草可以减少化学除草剂的使用,减少对人工合成除草剂的依赖,减少农业生产给环境带来的负面影响,维持农业生产与生态系统平衡<sup>[1-8]</sup>。黄花草木樨(*Melilotus officinalis* Desr.)是抗逆性很强的豆科植物,除了用作饲草之外,还是重要的水土保持、绿肥、蜜源植物。黄花草木樨具有较强的化感作用,对多花黑麦草、草地早熟禾、波斯婆婆纳的种子萌发、幼苗生长表现出很强的抑制作用<sup>[9-10]</sup>。因此,深入开展黄花草木樨化感作用研究,充分开发其抑草潜力具有十分重要的意义。本研究探讨黄花草木樨的化感抑草作用,检测黄花草木樨水浸提液对几种常见牧草、杂草种子萌发和幼苗生长的化感作用,测定黄花草木樨干草粉对田间杂草生物量的抑制作用,旨在为深入研究黄花草木樨并推广其在生物除草剂方面的应用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

黄花草木樨、红三叶种子由北京正道生态科技有限公司提供,苜蓿种子(维多利亚)购于北京沃尔沃公司,稗草、山苦荬、车前草等杂草种子均为 2011 年 6—9 月野外采集得到。

收稿日期:2014-06-25

基金项目:国家自然科学基金(编号:31101764);江苏省高校自然科学基金(编号:11KJB230004)。

作者简介:邬彩霞(1978—),女,内蒙古巴彦淖尔人,博士,讲师,主要从事牧草栽培与利用研究。E-mail:cxwu@yzu.edu.cn。

黄花草木樨于 2012 年 10 月 25 日播种于扬州大学扬子津校区试验田,2013 年 5 月中旬盛花期采集新鲜植株并制备水浸提液。百草枯、盖草能、草甘膦、乙草胺、二甲戊灵、精异丙苯草胺等除草剂均购于扬州市威龙农业生产资料有限公司。

### 1.2 方法

1.2.1 黄花草木樨干草粉制备 将黄花草木樨新鲜植株自然晾干后用粉碎机粉碎,塑封袋密封保存备用。

1.2.2 黄花草木樨水浸提液的制备 将 100 g 黄花草木樨的新鲜植株地上部分剪为长约 2 cm 的小段,用 1 000 mL 蒸馏水于 4 ℃浸提 72 h,获得 100 g/L 的水浸提液。水浸提液经过二重过滤:第 1 重用定量滤纸过滤,第 2 重用滤元单位为 0.45 μm 的滤膜过滤,4 ℃保存备用。

1.2.3 生物检测 将红三叶、黄花草木樨、紫花苜蓿、稗草、车前草、山苦荬种子用 1% NaClO 溶液消毒 30 min,蒸馏水清洗 5 次,均匀播入直径为 9 cm 装有石英砂的培养皿中,每皿 50 粒。处理组加黄花草木樨水浸提液 10 mL,对照组加等量蒸馏水。25 ℃光照培养箱培养(光照时间 12 h/d,光照度为 4 000 lx)。采用完全随机区组设计,每组重复 3 次。播种 7 d 后计算种子发芽率。从每个培养皿中随机取 10 株杂草测定其根长、苗长,取平均值,将幼苗 105 ℃杀青 0.5 h,然后 70 ℃烘干至恒质量,称质量,计算各项的抑制率:

$$IR = (T_0 - T_i) / T_0 \times 100\%$$

式中:IR 代表抑制率, $T_i$  为处理值, $T_0$  为对照值。当  $IR > 0$  时,表示抑制作用;当  $IR < 0$  时,表示促进作用。IR 绝对值代表作用强度。

1.2.4 黄花草木樨干草粉田间抑草试验 分别于 2013 年春季(3月中旬至5月初)和秋季(9月中旬至11月初)在扬州大学扬子津试验田进行田间试验。春季试验田于 2012 年 10 月人工除草后未做任何处理,试验开始时,试验田有很多杂草,所以选择具有即时灭杀效果的除草剂百草枯、盖草能、草甘膦除草。2013 年 9 月试验前将秋季试验田杂草人工清除干净,播种前选用化学除草剂乙草胺、二甲戊灵、精异丙苯草

胺防除杂草。将试验田划分为 2 m×2 m 的小区,分别施用黄花草木樨干草粉及化学除草剂,将草粉与表层土壤混匀并适当洒水,防止草粉被风吹散,将化学除草剂均匀喷洒在土壤表层,所有试验小区处理后均用耙子将表层土壤充分混合。采用完全随机区组设计,每处理重复 3 次。所有小区在处理 10、20、30、40 d 分别调查杂草数量。春季试验:黄花草木樨干草粉浓度梯度为 30、60、90、120 g/m<sup>2</sup>;化学除草剂浓度设置参考除草剂使用说明。百草枯浓度梯度:0.15、0.30 mL/m<sup>2</sup>,其中 0.30 mL/m<sup>2</sup> 为使用说明推荐的浓度;盖草能浓度梯度:0.03、0.05 mL/m<sup>2</sup>,其中 0.05 mL/m<sup>2</sup> 为使用说明推荐的浓度;草甘膦浓度梯度:1.00、2.00 mL/m<sup>2</sup>,其中 2.00 mL/m<sup>2</sup> 为使用说明推荐的浓度;对照:不做任何处理。秋季试验:黄花草木樨干草粉浓度梯度为 30、60、90、120 g/m<sup>2</sup>;乙草胺浓度梯度为 0.10、0.15、0.20 mL/m<sup>2</sup>,其中 0.20 mL/m<sup>2</sup> 为使用说明推荐的浓度;二甲戊灵浓度梯度为 0.10、0.15、0.20 mL/m<sup>2</sup>,其中 0.20 mL/m<sup>2</sup> 为使用说明推荐的浓度;精异丙苯草胺浓度梯度为 0.050、0.075、0.100 mL/m<sup>2</sup>,其中 0.100 mL/m<sup>2</sup> 为使用说明推荐的浓度;对照:不做任何处理。

1.3 数据处理

试验数据以平均数±标准差表示,采用统计软件 SPSS

16.0 对数据进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 黄花草木樨水浸提液对植物种子生长发育的影响

由表 1 可知,除了紫花苜蓿外,黄花草木樨水浸提液处理均能显著抑制其他 5 种供试植物的种子发芽率,其中,对红三叶种子发芽的抑制作用最强,对紫花苜蓿种子发芽抑制作用最弱,抑制率为 23.38%,对山苦荬、稗草、黄花草木樨、车前草的抑制率依次为 80.71%、41.80%、35.89%、30.30%。黄花草木樨水浸提液处理均能显著抑制 6 种供试植物幼苗根的生长,红三叶、紫花苜蓿、稗草、山苦荬、黄花草木樨、车前草根长抑制率分别为 50.37%、39.54%、38.36%、30.73%、27.56%、26.89%。除了紫花苜蓿外,黄花草木樨水浸提液处理均显著抑制了其 他几种供试植物幼苗茎的生长,对稗草抑制作用最强,抑制率达 50.11%,对苜蓿抑制作用最弱,仅为 5.07%,对车前草、红三叶、山苦荬、黄花草木樨茎长的抑制率依次为 25.70%、17.42%、16.84%、13.22%。黄花草木樨水浸提液显著降低了稗草、黄花草木樨、红三叶、紫花苜蓿的幼苗干质量,抑制率分别为 104.60%、66.34%、16.31%、13.59%,对山苦荬、车前草幼苗干质量则表现出明显的促进作用。

表 1 黄花草木樨水浸提液对 6 种植物种子发芽、幼苗生长的影响

植物	处理/对照	发芽率 (%)	根长 (cm)	茎长 (cm)	幼苗干质量 (mg)
黄花草木樨	处理	27.78 ± 2.94b	10.33 ± 0.60b	28.23 ± 2.13a	0.450 0 ± 0.045 1b
	对照	43.33 ± 0.00a	14.26 ± 0.28a	32.53 ± 0.29a	1.336 7 ± 0.037 1a
红三叶	处理	7.78 ± 1.11b	8.70 ± 1.06b	17.73 ± 0.82b	0.633 3 ± 0.008 8b
	对照	90.00 ± 5.09a	17.53 ± 0.22a	21.47 ± 0.27a	0.756 7 ± 0.020 3a
紫花苜蓿	处理	65.56 ± 4.84a	16.10 ± 1.57b	29.93 ± 0.15	1.356 7 ± 0.008 8b
	对照	85.56 ± 1.11a	26.63 ± 0.85a	31.53 ± 0.18	1.570 0 ± 0.034 6a
稗草	处理	47.33 ± 5.03b	23.93 ± 1.23b	7.00 ± 0.11b	0.572 0 ± 0.034 4b
	对照	81.33 ± 4.16a	38.82 ± 1.53a	14.03 ± 0.51a	1.170 3 ± 0.009 8a
山苦荬	处理	7.33 ± 4.16b	8.52 ± 0.17b	10.67 ± 0.57b	0.268 3 ± 0.005 8a
	对照	38.00 ± 2.00a	12.30 ± 1.18a	12.83 ± 0.31a	0.166 8 ± 0.002 0b
车前草	处理	30.67 ± 3.01b	6.28 ± 1.18b	8.47 ± 0.72b	0.262 4 ± 0.016 4a
	对照	44.00 ± 2.00a	8.59 ± 0.08a	11.40 ± 1.10a	0.168 3 ± 0.002 6b

注:同列数据后不同小写字母表示同种植物不同处理间差异显著(P<0.05)。

2.2 黄花草木樨干草粉的田间抑草作用

2.2.1 春季黄花草木樨干草粉对田间杂草数量的影响 由表 2 可知,处理 30 d,不同施用量黄花草木樨干草粉均显著降低了单位面积杂草数量,随着黄花草木樨干草粉施用量的增加,杂草数量逐渐减少,其中,90、120 g/m<sup>2</sup> 处理下杂草数量显著低于 30 g/m<sup>2</sup> 处理;处理 40 d,黄花草木樨干草粉处理下杂草数量均明显升高,60、90、120 g/m<sup>2</sup> 处理下杂草数量仍低于对照,30 g/m<sup>2</sup> 处理下杂草数量高于对照。化学除草剂百草枯、盖草能、草甘膦各浓度处理均能显著降低杂草数量,与对照相比,杂草数量减少约 2/3。处理后 10 d,90 g/m<sup>2</sup> 黄花草木樨干草粉处理下田间杂草数量与 3 种化学除草剂无明显差异,30、60 g/m<sup>2</sup> 黄花草木樨干草粉处理下田间杂草数量显著高于 3 种化学除草剂处理;处理后 20 d,120 g/m<sup>2</sup> 黄花草木樨干草粉处理下田间杂草数量与 3 种化学除草剂差异显著;处理后 40 d,不同浓度黄花草木樨干草粉处理下田间杂草数量均显著高于 3 种化学除草剂处理。

2.2.2 秋季黄花草木樨干草粉处理对田间杂草数量的影响

由表 3 可知,总体而言,黄花草木樨干草粉处理能明显减少田间杂草数量,除了 10 d 时 30 g/m<sup>2</sup> 处理与对照无显著差异外,所有黄花草木樨干草粉处理与对照均差异显著,且随着黄花草木樨干草粉施用量的增加,杂草数量逐渐减少,90 g/m<sup>2</sup> 施用量下杂草数量最低。化学除草剂中,0.15、0.20 mL/m<sup>2</sup> 乙草胺处理 10、30 d 杂草数量均显著低于对照及 0.10 mL/m<sup>2</sup> 浓度处理;0.15 mL/m<sup>2</sup> 二甲戊灵 浓度处理下,20、30 d 杂草数量显著低于对照;0.05、0.075 mL/m<sup>2</sup> 精异丙苯草胺浓度处理下,20 d 杂草数量显著低于对照,0.075、0.010 mL/m<sup>2</sup> 精异丙苯草胺处理下,40 d 杂草数量显著低于对照。总体而言,黄花草木樨干草粉处理下田间杂草数量均低于化学除草剂处理,其中,处理 20 d,90 g/m<sup>2</sup> 黄花草木樨干草粉处理下田间杂草数量均显著低于 3 种化学除草剂;处理 30 d,60、90 g/m<sup>2</sup> 黄花草木樨干草粉处理下田间杂草数量低于 3 种低浓度化学除草剂处理;处理 40 d,只有精异丙苯草胺

表 2 春季试验田不同浓度黄花草木樨干草粉及化学除草剂对田间杂草数量的影响

处理	浓度	杂草数量(株/m <sup>2</sup> )			
		10 d	20 d	30 d	40 d
对照	0	138.00 ± 12.08a	157.67 ± 12.96a	166.67 ± 12.33a	176.67 ± 14.26a
黄花草木樨	30 g/m <sup>2</sup>	88.67 ± 12.03b	119.00 ± 11.15b	133.00 ± 13.06b	195.33 ± 15.78a
	60 g/m <sup>2</sup>	77.33 ± 11.45b	90.67 ± 11.45bc	113.67 ± 11.76bc	149.67 ± 12.91ab
	90 g/m <sup>2</sup>	59.33 ± 10.88c	74.00 ± 12.52c	94.33 ± 12.91c	131.67 ± 12.91b
	120 g/m <sup>2</sup>	46.00 ± 12.65cd	60.67 ± 11.20cd	78.67 ± 12.60cd	137.67 ± 13.53ab
百草枯	0.15 mL/m <sup>2</sup>	55.90 ± 11.68c	47.10 ± 10.93d	55.90 ± 11.68d	60.29 ± 1.98c
	0.30 mL/m <sup>2</sup>	52.93 ± 12.01cd	38.06 ± 11.29d	52.93 ± 12.01d	70.78 ± 12.06c
盖草能	0.03 mL/m <sup>2</sup>	41.41 ± 11.09d	50.78 ± 12.55d	73.27 ± 12.39cd	79.05 ± 10.96cd
	0.05 mL/m <sup>2</sup>	44.27 ± 11.09cd	41.41 ± 13.04d	52.24 ± 11.72d	67.27 ± 10.74c
草甘膦	1.00 mL/m <sup>2</sup>	43.44 ± 11.29cd	49.03 ± 11.19d	60.39 ± 11.01cd	73.69 ± 12.08c
	2.00 mL/m <sup>2</sup>	37.48 ± 10.98d	39.47 ± 11.43d	49.23 ± 12.03d	53.31 ± 11.35d

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

表 3 秋季试验田不同浓度黄花草木樨干草粉及化学除草剂对田间杂草数量的影响

处理	浓度	杂草数量(株/m <sup>2</sup> )			
		10 d	20 d	30 d	40 d
对照	0	82.93 ± 5.57a	92.07 ± 5.07a	93.73 ± 5.94a	97.73 ± 6.38a
黄花草木樨	30 g/m <sup>2</sup>	75.73 ± 9.96ab	65.87 ± 5.94b	67.20 ± 5.11b	75.73 ± 7.01b
	60 g/m <sup>2</sup>	45.07 ± 5.19c	57.20 ± 5.14bc	51.20 ± 2.31c	63.73 ± 7.92bc
	90 g/m <sup>2</sup>	37.60 ± 14.89c	43.60 ± 14.71c	44.60 ± 11.39c	45.33 ± 11.87c
	120 g/m <sup>2</sup>	65.07 ± 5.26b	67.73 ± 4.67b	67.60 ± 4.09b	54.67 ± 4.08c
乙草胺	0.10 mL/m <sup>2</sup>	76.80 ± 11.38a	93.33 ± 2.08a	79.07 ± 2.22ab	95.47 ± 6.30a
	0.15 mL/m <sup>2</sup>	66.40 ± 11.8b	74.00 ± 9.32ab	56.27 ± 3.50c	82.40 ± 20.57ab
	0.20 mL/m <sup>2</sup>	44.53 ± 2.08c	57.60 ± 3.23bc	58.00 ± 4.20c	85.87 ± 17.68ab
二甲戊灵	0.10 mL/m <sup>2</sup>	114.53 ± 18.02a	80.27 ± 14.85ab	99.47 ± 9.97a	88.00 ± 20.43ab
	0.15 mL/m <sup>2</sup>	79.87 ± 3.98ab	65.73 ± 6.68b	54.40 ± 2.88c	79.87 ± 8.90ab
	0.20 mL/m <sup>2</sup>	101.60 ± 24.02a	85.73 ± 10.92ab	99.87 ± 19.14a	92.00 ± 12.25a
精异丙苯草胺	0.050 mL/m <sup>2</sup>	77.60 ± 15.21ab	62.00 ± 3.12bc	100.53 ± 13.87a	79.87 ± 8.82ab
	0.075 mL/m <sup>2</sup>	83.47 ± 12.50a	49.67 ± 5.91c	73.87 ± 13.37ab	54.53 ± 8.43bc
	0.100 mL/m <sup>2</sup>	107.73 ± 20.35a	86.27 ± 16.33a	94.27 ± 19.20a	74.80 ± 6.07b

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

0.075 mL/m<sup>2</sup> 浓度处理下田间杂草数量与黄花草木樨干草粉无差异,其他不同浓度的 3 种参试化学除草剂处理下田间杂草数均高于黄花草木樨干草粉 60、90 g/m<sup>2</sup> 处理。

3 结论与讨论

3.1 黄花草木樨水浸提液对不同植物种子生长发育的影响

黄花草木樨植株地上部分含有较多的水溶性化感物质<sup>[11]</sup>,能显著抑制多花黑麦草<sup>[9]</sup>、红三叶以及一些杂草种子发芽、幼苗生长<sup>[9~12]</sup>。本研究结果表明,黄花草木樨具有较强的化感抑草潜力,对杂草山苦荬、稗草、车前草的种子萌发抑制作用显著,对这几种杂草的幼苗茎、根的生长均有显著抑制作用。植物化感作用具有明显的选择性,不同植物产生的化感物质不同,各有其特定的抑制对象,表现为对一些植物的生长表现出抑制作用,但对另外一些植物则无明显作用,甚至表现出一定的促进作用<sup>[13~16]</sup>。此外,同种植物对不同植物化感作用方式也存在很大差异,有时抑制其种子萌发,有时对地上部分生长抑制作用明显,很多时候则是抑制其他植物根的生长。Chung 等用 7 个紫花苜蓿品种水浸提液进行的自毒试验也得到相同的结论<sup>[17]</sup>。本研究结果表明,黄花草木樨水浸

提液对黄花草木樨、红三叶、紫花苜蓿、稗草、山苦荬、车前草 6 种供试植物种子萌发和幼苗生长都具有较为明显的化感效应,对山苦荬、红三叶的抑制作用主要表现为抑制种子萌发,对稗草、紫花苜蓿则主要表现为抑制幼苗茎、根的生长;对山苦荬、车前草的幼苗根长、苗长虽然有显著抑制效应,但对其幼苗干质量还表现出显著的促进效应。黄花草木樨对其他植物的化感作用表现出明显的选择性,对不同植物种子萌发和幼苗生长作用强度、作用方式均表现出很大差异。利用黄花草木樨的化感作用防除杂草时要有选择地应用。最好避免在红三叶栽培中应用黄花草木樨,因为其对红三叶具有强烈的抑制效应。Hong 等也认为,化感植物对杂草的抑制作用具有一定的专属性、种间差异<sup>[18]</sup>。实际生产中利用化感植物防除杂草时要根据目标杂草种类选用对此杂草有较强化感作用的植物,但同时还要注意尽量避免化感植物可能对作物产生的不利影响<sup>[3]</sup>。黄花草木樨具有一定的自毒性,也不适宜连作。

3.2 黄花草木樨干草粉处理对田间杂草的作用效果及其与化学除草剂的比较

目前,我国主要采用化学除草剂进行田间除草;然而,大量长期使用化学除草剂会严重破坏自然生态系统。利用植物

的化感作用开发新型天然除草剂或进行杂草防除已成为研究热点<sup>[19-23]</sup>。通过轮作、间作、作物覆盖等达到控制杂草的目的,其原理是将含有抑制剂的植物体施入田间以抑制杂草的萌发与生长<sup>[19-20]</sup>。Narwal 等认为,利用化感作物可以控制杂草,虽然这些作物不以毒杀的形式驱除杂草,而是以抑制或拒避杂草来达到控制杂草的效果,不能完全控制杂草,但是化感作用防除杂草缓慢而温和,可以在经济阈值内有效管理杂草,减少除草剂使用量,克服与除草剂相关的负面问题<sup>[20]</sup>。Xuan 等研究发现,紫花苜蓿丸在 100 ~ 200 g/m<sup>2</sup> 施用量下可以完全抑制水稻田里的杂草蛇眼草 (*Dopatrium junceum* Hamilt.)、益母草 (*Lindernia pyxidaria* L.)、沟繁缕 (*Elatine triandra* Schk. var. *pedicellata* Krylov) 的生长,使单位面积杂草数量、干质量显著降低<sup>[22]</sup>。Fujii 认为,毛苕子可以用作覆盖作物进行农田、果园、草场的杂草防除,并认为它是日本最有希望的利用化感作用防除杂草的植物<sup>[23]</sup>。本试验探讨黄花草木樨干草粉抑制田间杂草的效果,并将之与化学除草剂进行比较,结果表明,施用不同浓度的黄花草木樨干草粉及化学除草剂都能显著抑制田间杂草的数量,且黄花草木樨干草粉施用量达 90 g/m<sup>2</sup> 时,其抑草效果完全能达到一些化学除草剂如乙草胺、二甲戊灵、精异丙苯草胺以及盖草能等的作用效果。

黄花草木樨干草粉处理对田间杂草的抑制作用有一定的持续性,但与化学除草剂相比持续时间较短。本研究结果表明,处理 30 d,对照杂草数量不断增加,大部分处理下的杂草数量增长相对缓慢,这与前人研究结论<sup>[24]</sup>一致。处理 40 d,黄花草木樨干草粉处理小区杂草数量迅速增加,化学除草剂处理小区杂草数量始终低于对照,增长缓慢,表明黄花草木樨在土壤中腐解过程中持续释放化感物质的时间有限,只能抑制当季生长的一些杂草萌发及生长,随着化感物质在土壤中不断转化分解,抑制作用减弱,土壤库内的杂草种子还可再次萌动生长<sup>[22]</sup>。Inderjit<sup>[25]</sup>、Tsuzuki<sup>[26]</sup>以及 Xuan 等<sup>[22]</sup>认为,这和化感物质在土壤中的降解过程较短有关,所以在实际应用中要想达到持续抑草效果,除了足量施用,还需要多次施用。

总之,黄花草木樨水浸提液能显著影响红三叶、稗草、山苦荬、车前草、黄花草木樨、紫花苜蓿种子的发芽和幼苗生长,具有很强的化感抑草能力,但对不同植物的作用强度存在很大差异,所以在实际应用中要考虑到其化感作用的选择性。黄花草木樨干草粉能显著抑制田间杂草的数量,但其抑草作用持续时间较短,实际生产中需多次足量施用,以达到理想的除草效果。

## 参考文献:

- [1] Farooq M, Jabran K, Cheema Z A, et al. The role of allelopathy in agricultural pest management[J]. Pest Management Science, 2011, 67(5): 493 - 506.
- [2] Macias F A, Molinillo J M G, Varela R M, et al. Allelopathy—a natural alternative for weed control[J]. Pest Management Science, 2007, 63(4): 327 - 348.
- [3] Bhadoria P B S. Allelopathy: a natural way towards weed management[J]. American Journal of Experimental Agriculture, 2011, 1(1): 7 - 20.
- [4] 程汉亭, 沈奕德, 黄乔乔, 等. 木薯对伴生杂草化感作用的初步研究[J]. 杂草科学, 2013, 31(2): 31 - 33, 38.
- [5] Duke S O. Allelopathy: Current status of research and future of the discipline: A Commentary[J]. Allelopathy Journal, 2010, 25(1): 17 - 29.
- [6] Ingersent K A. World agriculture: Towards 2015/2030 - An FAO perspective[J]. Journal of Agricultural Economics, 2003, 54(3): 513 - 515.
- [7] Rector B G. Molecular biology approaches to control of intractable weeds: new strategies and complements to existing biological practices[J]. Plant Science, 2008, 175(4): 437 - 448.
- [8] 高承芳, 林仕欣, 张晓佩, 等. 牧草化感抑草作用研究进展[J]. 家畜生态学报, 2012, 33(1): 98 - 102.
- [9] 邹彩霞, 沈益新, 李志华. 豆科牧草对多花黑麦草化感作用的种间差异[J]. 中国草地, 2005, 27(6): 41 - 45.
- [10] 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]. 草地学报, 2006, 14(4): 356 - 359.
- [11] 邹彩霞, 李志华, 沈益新. 豆科牧草水浸提液的酚酸物质含量及化感潜力[J]. 草地学报, 2007, 15(5): 401 - 406.
- [12] Wu C X, Guo X X, Li Z H, et al. Feasibility of using the allelopathic potential of yellow sweet clover for weed control[J]. Allelopathy Journal, 2010, 25(1): 173 - 183.
- [13] 王建花, 陈 婷, 林文雄. 植物化感作用类型及其在农业中的应用[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(10): 1173 - 1183.
- [14] 石旭旭, 王红春, 高 婷, 等. 化感作用及其在杂草防除中的应用[J]. 杂草科学, 2013, 31(2): 6 - 9.
- [15] 张悦丽, 秦立琴, 高兴祥, 等. 小根蒜对花生田 3 种主要杂草马唐、稗草和反枝苋的化感作用[J]. 草业学报, 2010, 19(5): 57 - 62.
- [16] 刘苏娇, 邹彩霞, 赵国琦, 等. 几种豆科牧草水浸提液对多花黑麦草化感作用机理的研究[J]. 草地学报, 2013, 21(6): 1182 - 1187.
- [17] Chung I M, Miller D A. Differences in autotoxicity among seven alfalfa cultivars[J]. Agronomy Journal, 1995, 87: 596 - 600.
- [18] Honga 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.
- [19] 马晓渊. 化感作用与杂草治理[J]. 杂草科学, 2011, 29(4): 63 - 66.
- [20] Narwal S S, Haouala R. Role of allelopathy in weed management for sustainable agriculture[M]. Cheema Z A, Farooq M, Wahid A. Allelopathy: current trends and future applications. New York: Springer Heidelberg, 2013: 217 - 249.
- [21] Honga N H, Xuan T D, Tsuzuki E, et al. Paddy weed control by higher plants from Southeast Asia[J]. Crop Protection, 2004, 23: 255 - 261.
- [22] Xuan T D, Tsuzuki E. Varietal differences in allelopathic potential of alfalfa[J]. Journal of Agronomy & Crop Science, 2002, 188(1): 2 - 7.
- [23] 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.
- [24] Lin D, Tsuzuki E, Sugimoto Y, et al. Assessment of dwarf lilyturf (*Ophiopogon japonicus* K.) dried powders for weed control in transplanted rice[J]. Crop Protection, 2003, 22: 431 - 435.
- [25] Inderjit. Soil: environment effects on allelochemical activity[J]. Agronomy Journal, 2001, 93: 79 - 84.
- [26] Tsuzuki E. Application of buckwheat as a weed control[J]. Agriculture Horticulture, 2001, 76: 55 - 62.