

香蕉园施用白花鬼针草的控草增效作用

杜浩, 只佳增, 李宗锴, 周劲松, 杨绍琼, 陈伟强*

云南省红河热带农业科学研究所, 云南 河口 661300

摘要: 【目的】探索香蕉园施用白花鬼针草的可行性。【方法】采用培养皿萌发试验生物测定法, 以发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数等化感效应指标评价白花鬼针草对蕉园4种优势杂草的化感作用, 同时通过盆栽模拟试验探讨香蕉园施用白花鬼针草后杂草、香蕉和土壤三者的关系。【结果】当白花鬼针草浸提液浓度为 $0.0125 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时, 对马唐综合化感效应为促进作用, 对短叶水蜈蚣、牛筋草、柔弱斑种草综合化感效应为抑制作用, 白花鬼针草浸提液浓度为 $0.025 \sim 0.1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, 对4种受体杂草综合化感效应均为抑制作用; 白花鬼针草处理具有降低种子发芽率, 延缓种子发芽时间的作用, 同时对杂草萌发后的鲜重有微弱促进作用, 但这种促进作用较弱, 综合化感效应表现为抑制作用。随着白花鬼针草茎、叶施用量的增加, 控草增效作用不断提升, 当施用量为 $400 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 时, 控草增效作用最佳, 对杂草综合株防效为78.99%, 综合鲜重防效为70.60%, 香蕉苗生物量增加19.79%, 土壤有机碳、碱解氮、速效钾依次增加8.72%、10.36%、16.30%。【结论】本研究初步探明了在香蕉园施用白花鬼针草具有防控蕉园优势杂草、提高土壤肥力和促进香蕉生长的效应。

关键词: 白花鬼针草; 香蕉园; 化感作用; 土壤养分



开放科学标识码
(OSID 码)

Inhibition of weeds and promotion of banana growth by application of *Bidens pilosa* in banana plantation

DU Hao, ZHI Jiazeng, LI Zongkai, ZHOU Jinsong, YANG Shaoqiong, CHEN Weiqliang*

Honghe Research Institute of Tropical Agriculture, Hekou, Yunnan 661300, China

Abstract: 【Aim】 We tested whether the plant *Bidens pilosa* has an allelopathic effect on dominant weeds in banana plantations. explored the feasibility of planting as an inter-row cover in banana plantations as a weed control measure. 【Method】 In this study, the allelopathic effects of four concentration gradients of aqueous extracts from *B. pilosa* on the four dominant weeds in banana plantation were evaluated by the method of determination of biological index in seed germination test. At the same time, the relationship among weeds, banana and soil was studied by pot experiment. 【Result】 The experiment of Petri dish germination of 4 kinds of weed seeds showed that when the concentration of aqueous extracts from *B. pilosa* is $0.0125 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, the comprehensive allelopathy effect on *Digitaria sanguinalis* germination was inhibited, but no such effect was observed for seeds of *Kyllinga brevifolia*, *Eleusine indica* and *Bothriospermum tenellum*. At the concentration of $0.025 \sim 0.1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, the germination of all 4 weeds was inhibited; With the increase of application amount of *B. pilosa*, the effects of weed control and soil fertility increase gradually. When the application rate was $400 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$, the control effect on weeds is the best, the control effect calculated by weed number was 78.99%, the control effect calculated by weed fresh weight was 70.60%. Additionally, we registered an increase in banana seedling biomass (19.8%), soil organic carbon (8.7%), soluble nitrogen (10.4%), and available potassium (16.3%). 【Conclusion】 This study indicated that the application of *B. pilosa* in banana plantation can have multiple benefits: inhibit the dominant weeds between rows, improve soil fertility, and promote the growth of banana plants.

Key words: *Bidens pilosa*; banana plantation; allelopathy; soil nutrition

白花鬼针草 *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch.- 较广、属于危害较大的外来入侵杂草之一(罗娅婷
Bip 为菊科鬼针草属一年生草本植物,在我国分布 等,2019)。入侵杂草具有较强的适应性和传播性,

收稿日期(Received): 2020-03-03 接受日期(Accepted): 2020-05-17

基金项目: 国家重点研发计划资助(2017YFD0202105-106); 云南特色热带香蕉新品种选育研究与运用(2019DC011)

作者简介: 杜浩, 男, 研究实习员。研究方向: 热作病虫害生防技术。E-mail: 1245854812@qq.com

* 通信作者(Author for correspondence), E-mail: cweiqliang@126.com

可适应较广的生态范围,常常打败当地物种,反客为主(范秀琴等,2011;陶宏征等,2015),不但导致了农业生态系统中生物多样性降低,生态功能退化,造成巨大经济损失,还严重影响人类健康(罗雪晶等,2017)。而入侵杂草的快速扩散与其化感作用密切相关。植物化感作用是近年来倍受重视的研究领域,是指自然界生物体之间通过某些化学物质而间接产生的有害或有利的的作用(Wan *et al.*, 2002)。刘湘永等(2011)报道了白花鬼针草对绿豆 *Vigna radiata* (Linn.) Wilczek、皱果苋 *Amaranthus viridis* L.、龙葵 *Solanum nigrum* L. 和酢浆草 *Oxalis corniculata* L. 的化感作用,毛丹鹃等(2010)报道了三叶鬼针草对白三叶 *Trifolium repens* L. 和紫花苜蓿 *Medicago sativa* L. 2种牧草种子萌发与幼苗生长的影响,杜凤移(2007)对三叶鬼针草的化感作用机制进行了研究,但关于利用白花鬼针草化感作用“以草治草”,以白花鬼针草作为肥料施用对作物、杂草、土壤三者间关系的影响研究,尚无相关报道。

我国南方热区向来有将菊科杂草作为绿肥施用于田间,防草、控虫、增肥的实践(王松林等,2014)。笔者前期调查研究发现,香蕉园优势杂草主要有白花鬼针草、马唐 *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.、短叶水蜈蚣 *Kyllinga brevifolia* Rottb.、柔弱斑种草 *Bothriospermum tenellum* (Hornem.) Fisch. et Mey 和牛筋草 *Eleusine indica* (L.) Gaertn. 等(杜浩等,2020)。本研究按照生态农业促进增产、改良土壤、省工环保的思路(丁毓良,2007;李金才,2007)。通过培养皿萌发试验评价白花鬼针草对蕉园4种优势杂草的化感作用,并以盆栽模拟大田试验方法探讨香蕉园施用白花鬼针草后杂草、香蕉和土壤三者的关系,分析香蕉园施用白花鬼针草对香蕉苗生物学指标、土壤养分和蕉园优势杂草出苗情况等的的影响,评价白花鬼针草的化感除草作用,探索香蕉园施用白花鬼针草的可行性。其结果将对香蕉园杂草的生态防治、化肥农药的减量减施提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

马唐、短叶水蜈蚣、柔弱斑种草和牛筋草种子均采集于云南省红河热带农业科学研究所试验基地,

用0.5%的次氯酸钠溶液浸泡30 min,蒸馏水漂洗3次,晾干备用。选用开花期及开花期以前的白花鬼针草植株(地上部分),现采取用,经测氮、磷、钾含量依次为2.18%、1.23%、1.78%。香蕉苗为云南省红河热带农业科学研究所选育的滇蕉1号,选取长有2~3片真叶,株高约25 cm,健康、长势一致的香蕉苗备用。供试土壤采自云南省红河热带农业科学研究所,土壤为黏质壤土,理化性质如下:pH 5.03、有机质25.9 g·kg⁻¹、碱解氮97.35 mg·kg⁻¹、速效磷19.38 mg·kg⁻¹、速效钾93.63 mg·kg⁻¹。土壤采集后风干过1 cm筛,并将土样的1/6混入上述4种杂草种子备用(使土样中具有相当量的杂草种子,保障后续试验顺利开展)。

试验地点云南省红河热带农业科学研究所位于云南省红河流域低热河谷区,海拔100~400 m,年均温22.6℃,年均降雨量1587.3 mm,年均相对湿度84%,日照时数为1605 h,具有雨量充沛、雨热同季、高温高湿、干湿季分明的特点(杜浩等,2020)。

1.2 方法

1.2.1 白花鬼针草浸提液制取 采集开花期及以前的白花鬼针草地上部分,剪碎后放入蒸馏水中,水浴振荡48 h,二次过滤后,浸提液定溶至质量浓度为0.1 g·mL⁻¹的母液(以鲜重计算)。取部分母液分别稀释至质量浓度为0.0125、0.025、0.05、0.1 g·mL⁻¹。调节浸提液pH值与蒸馏水一致,4℃冷藏备用。

1.2.2 培养皿萌发生物测定 吸取10 mL上述浓度的浸提液加入放有双层滤纸的直径为9 cm培养皿中,每皿均匀放置30粒籽粒饱满、大小均一、已消毒的杂草种子,4℃放置24 h以保证种子萌发整齐。以蒸馏水为对照,每种杂草设3个重复。将培养皿置于人工气候箱中恒温培养,温度28℃、湿度70%、每天光照12 h。7 d后开始统计发芽种子数,14 d后测量生物量。

1.2.3 盆栽模拟测定 试验于2019年6月开展,将香蕉苗移栽到花盆中(花盆底部直径16.5 cm,口部直径21.5 cm,高25 cm,总容积约为5 L),每盆1株,并将上述混有杂草种子的土壤等量分配到每个花盆上层,且控制每个花盆中土壤总量为4 L,待香

蕉苗移栽成活后(3 d 后),将白花鬼针草剪成 5~10 cm,分别按 0、50、100、200、400 g·株⁻¹(以鲜重计算)施用于花盆表土上(以土样体积计算的浓度与培养皿萌发生物测定试验相对应),每处理 20 盆,重复 3 次。处理 35 d 后(白花鬼针草已经腐烂),将花盆中泥土全部倒出,清除白花鬼针草残体后混合均匀,取土样,并参考鲍士旦(2008)的方法测定土样 pH、有机碳、碱解氮、速效磷、速效钾等指标。同时,将花盆中香蕉苗及杂草全部取出,洗净泥土,测量鲜重。

1.3 数据处理

数据采用 Microsoft Excel 2007 和 Spss 22.0 进行处理分析。相关计算公式如下:

发芽势(germination energy) $GE = n/N$, 式中, n 为的发芽结束时间 1/3 时的种子发芽数, N 为供试种子总数;发芽率(germination percentage) $GP = n/N$, 式中, n 为发芽结束时的种子发芽数, N 为供试种子总数;发芽指数(germination index) $GI = \sum(G_t/D_t)$, 式中, G_t 为第 t 天的种子发芽数, D_t 为对应 G_t 的发芽天数;活力指数(vigour index) $VI = GI \times S$, 式中, S 为发芽结束时测得的幼苗鲜重(g)(陈士超等, 2017; 王海英等, 2013; 杨华庚, 2015)。

化感效应敏感指数(response index) RI , 当 $T \geq C$ 时, $RI = 1 - C/T$; 当 $T < C$ 时, $RI = T/C - 1$ 。其中: C 为对照值, T 为处理值。 $RI > 0$ 为促进作用, $RI < 0$ 为抑制作用(Saxena *et al.*, 1996; Williamson & Richardson, 1988)。发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数对应化感效应敏感指数依次记作 $GE(RI)$ 、 $GP(RI)$ 、 $GI(RI)$ 、 $VI(RI)$ 。因测定发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数 4 项指标, 各项 RI 值变化趋势不尽一致, 较难评价和定量分析化感效应, 故采取相加平均法对 RI 值进行再处理, 所得结果综合敏感指数用 M 表示, M 值用于评价受体植物对化感作用的综合敏感效应或供体植物的综合化感效应, $M > 0$ 为促进, $M < 0$ 为抑制(马瑞君等, 2006)。

杂草防效以株防效(EP)和鲜重防效(EW) 2 个指标计算, 株防效 = [(对照杂草株数 - 处理杂草株数)/对照杂草株数] × 100%; 鲜重防效 = [(对照杂草鲜重 - 处理杂草鲜重)/对照杂草鲜重] × 100%(路兴涛等, 2014)。

2 结果与分析

2.1 白花鬼针草的控草作用

2.1.1 发芽指标 白花鬼针草浸提液处理杂草种子, 当白花鬼针草浸提液浓度为 0.0125 g·mL⁻¹ 时, 对 4 种杂草种子化感作用不同, 对马唐的发芽势、发芽率、发芽指数表现为轻微抑制作用(差异不显著), 活力指数表现为显著促进作用, 综合敏感指数为 0.02; 对短叶水蜈蚣表现为轻微抑制作用(差异不显著), 综合敏感指数为 -0.02; 对牛筋草、柔弱斑种草为显著抑制作用, 综合敏感指数分别为 -0.15、-0.23。白花鬼针草浸提液的浓度为 0.025~0.1 g·mL⁻¹ 时, 对 4 种杂草种子的发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数均表现为显著抑制作用, 且随着浸提液浓度的增加, 抑制作用增强(表 1)。

白花鬼针草浸提液浓度为 0.025 g·mL⁻¹ 时, 马唐、短叶水蜈蚣、牛筋草、柔弱斑种草的综合敏感指数依次为 -0.36、-0.21、-0.47、-0.49; 白花鬼针草浸提液浓度为 0.05 g·mL⁻¹ 时, 马唐、短叶水蜈蚣、牛筋草、柔弱斑种草的综合敏感指数依次为 -0.61、-0.39、-0.65、-0.70; 白花鬼针草浸提液浓度为 0.1 g·mL⁻¹ 时, 马唐、短叶水蜈蚣、牛筋草、柔弱斑种草的综合敏感指数依次为 -0.69、-0.60、-0.72、-0.78(表 2)。

2.1.2 敏感指数 比较发芽势和发芽率对应敏感指数, 4 种杂草种子的发芽势敏感指数绝对值均高于发芽率敏感指数绝对值, 并结合发芽指数敏感指数分析发现, 发芽指数敏感指数大多数值介于发芽势敏感指数和发芽率敏感指数之间, 由此可见, 白花鬼针草对 4 种杂草种子的化感作用, 有降低种子发芽率和延长种子发芽时间双重作用。比较发芽指数和活力指数对应敏感指数发现, 活力指数敏感指数绝对值的大多数值高于发芽指数敏感指数绝对值, 由此可见, 白花鬼针草浸提液处理对杂草鲜重具有一定促进作用, 而这种促进作用相对于白花鬼针草浸提液降低种子发芽率和延长种子发芽时间的抑制作用较弱, 所以综合化感效应 M 值多为负值。比较白花鬼针草对 4 种杂草种子的综合化感效应 M 值, 白花鬼针草对柔弱斑种草作用最强, 其次为牛筋草, 再次为马唐, 对短叶水蜈蚣作用最弱(表 2)。

表1 白花鬼针草浸提液处理下4种杂草种子的发芽指标分析

Table 1 Analysis of germination indices of four weed seeds treated with aqueous extracts from *B. pilosa*

杂草种类 Weed species	浓度 Concentration/ (g · mL ⁻¹)	发芽势 Germination energy/%	发芽率 Germination percentage/%	发芽指数 Germination index	活力指数 Vitality index
马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	0	45.30±2.35a	73.01±3.07a	5.72±0.23a	10.30±0.12b
	0.0125	43.21±3.21a	71.32±2.36a	5.55±0.32a	12.21±0.25a
	0.025	26.30±2.11b	53.23±4.25b	3.76±0.09b	6.02±0.36c
	0.05	13.81±3.09c	44.21±5.56bc	2.12±0.36c	2.76±0.45d
	0.1	10.30±4.02c	32.41±5.01c	2.03±0.12c	2.23±0.26d
短叶水蜈蚣 <i>Kyllinga brevifolia</i>	0	27.24±3.02a	52.09±3.02a	5.33±0.31a	9.06±0.34a
	0.0125	25.96±4.04a	51.25±3.21a	5.31±0.22a	9.03±0.23a
	0.025	18.32±4.26ab	46.28±1.32ab	4.14±0.21b	7.45±0.46b
	0.05	13.33±0.36b	38.36±3.96b	3.39±0.25c	5.09±0.14c
	0.1	10.12±2.42b	25.56±3.05c	2.36±0.36d	2.83±0.36d
牛筋草 <i>Eleusine indica</i>	0	42.27±2.33a	77.23±2.11a	6.49±0.25a	14.93±0.34a
	0.0125	37.55±1.93b	74.47±4.11a	5.03±0.15b	11.57±0.37b
	0.025	26.63±3.28c	53.17±2.36b	3.22±0.27c	4.51±0.24c
	0.05	13.72±4.31d	39.09±2.15c	2.33±0.45d	2.80±0.14d
	0.1	10.17±3.52d	36.03±3.12c	1.74±0.43d	1.91±0.24e
柔弱斑种草 <i>Bothriosperrum tenellum</i>	0	45.56±3.66a	83.73±2.65a	7.56±0.14a	11.34±0.35a
	0.0125	33.17±1.03b	71.38±1.42b	5.90±0.19b	8.26±0.36b
	0.025	21.28±3.59c	55.33±2.14c	3.81±0.27c	4.57±0.45c
	0.05	11.61±3.52d	37.82±1.25d	2.53±0.29d	2.02±0.24d
	0.1	8.71±4.51d	24.11±4.02e	2.21±0.36d	1.33±0.11e

表中数据格式为平均值±标准误。不同小写字母表示处理间差异达5%显著水平。

The data are mean±SD. Different small letters means significant differences at the p=0.05 level.

表2 白花鬼针草浸提液处理对4种杂草种子的化感效应评价

Table 2 Allelopathic effects of aqueous extracts from *B. pilosa* on four weed seeds

杂草种类 Weed species	浓度 Concentration/ (g · mL ⁻¹)	发芽势 (RI) RI of germination energy	发芽率 (RI) RI of germination percentage	发芽指数 (RI) RI of germination index	活力指数 (RI) RI of vitality index	综合化感效应 Comprehensive allelopathy
马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.0125	-0.05	-0.02	-0.03	0.19	0.02
	0.025	-0.42	-0.27	-0.34	-0.42	-0.36
	0.05	-0.70	-0.39	-0.63	-0.73	-0.61
	0.1	-0.77	-0.56	-0.65	-0.78	-0.69
短叶水蜈蚣 <i>Kyllinga brevifolia</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.0125	-0.05	-0.02	0.00	0.00	-0.02
	0.025	-0.33	-0.11	-0.22	-0.18	-0.21
	0.05	-0.51	-0.27	-0.36	-0.44	-0.39
	0.1	-0.63	-0.51	-0.56	-0.69	-0.60
牛筋草 <i>Eleusine indica</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.0125	-0.11	-0.04	-0.22	-0.22	-0.15
	0.025	-0.37	-0.31	-0.50	-0.70	-0.47
	0.05	-0.68	-0.49	-0.64	-0.81	-0.65
	0.1	-0.76	-0.53	-0.73	-0.87	-0.72
柔弱斑种草 <i>Bothriosperrum tenellum</i>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.0125	-0.27	-0.15	-0.22	-0.27	-0.23
	0.025	-0.53	-0.34	-0.50	-0.60	-0.49
	0.05	-0.75	-0.55	-0.67	-0.82	-0.70
	0.1	-0.81	-0.71	-0.71	-0.88	-0.78

2.1.3 杂草防效 施用白花鬼针草对4种杂草种子的防效表现为：白花鬼针草施用量为50 g · 株⁻¹时，对4种杂草株防效均表现为抑制作用，而鲜重

防效表现不一，对柔弱斑种草为抑制作用，对马唐、短叶水蜈蚣、牛筋草为促进作用；白花鬼针草施用量为100~400 g · 株⁻¹时，对4种杂草的株防效和

鲜重防效均为抑制作用。在本研究范围内,随着白花鬼针草施用量的增加,对 4 种杂草种子的株防效和鲜重防效均不断增加,施用量为 400 g · 株⁻¹时防效最佳,对马唐、短叶水蜈蚣、牛筋草、柔弱斑种草株防效依次为 81.35%、74.09%、87.32%、93.21%,鲜重防效依次为 72.30%、69.52%、74.36%、

82.23%,对 4 种杂草的综合株防效和综合鲜重防效分别为 78.99%、70.60%。比较白花鬼针草对 4 种杂草种子的防效,对柔弱斑种草防效最好,其次为牛筋草,再次为马唐,最次为短叶水蜈蚣。从株防效和鲜重防效 2 个指标对比来看,白花鬼针草对 4 种杂草的鲜重防效均低于株防效(表 3)。

表 3 不同白花鬼针草施用量对 4 种杂草的防效分析
Table 3 Control effect of different application amounts of *B. pilosa* on four weeds

用量 Application rates/ (g · 株 ⁻¹)	马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>		短叶水蜈蚣 <i>Kyllinga brevifolia</i>		牛筋草 <i>Eleusine indica</i>		柔弱斑种草 <i>Bothriospermum tenellum</i>		综合防效 Total control effect	
	EP/%	EW/%	EP/%	EW/%	EP/%	EW/%	EP/%	EW/%	EP/%	EW/%
	50	5.26	-2.35	4.31	-3.15	1.35	-5.14	11.37	7.35	4.27
100	31.25	25.32	21.56	14.38	34.12	28.39	34.21	26.55	26.28	20.66
200	50.34	45.21	45.52	34.32	57.63	47.35	65.23	55.10	48.86	41.19
400	81.35	72.30	74.09	69.52	87.32	74.36	93.21	82.23	78.99	70.60

EP: 株防效;EW: 鲜重防效。

EP: Control effect calculated by weed number. EW: Control effect calculated by weed fresh weight.

2.2 花鬼针草增效作用

2.2.1 土壤养分变化 本研究中,施用白花鬼针草后土壤 pH、速效磷含量与对照无显著差异;土壤有机碳、碱解氮、速效钾含量随着白花鬼针草施用量的增加而增加,但在白花鬼针草施用量为 50~100 g · 株⁻¹时与对照差异不显著,施用量为 200~400 g · 株⁻¹时与对照差异显著;白花鬼针草施用量为 400 g · 株⁻¹时,土壤有机碳、碱解氮、速效钾均达到最大值,与对照相比依次增加 8.72%、10.36%、

16.30%(表 4)。

2.2.2 香蕉苗生物量 随着白花鬼针草施用量的增加,香蕉生物量不断增加,但在白花鬼针草施用量为 50~100 g · 株⁻¹时,与对照差异不显著,白花鬼针草施用量为 200~400 g · 株⁻¹时,与对照差异显著。白花鬼针草施用量为 50、100、200、400 g · 株⁻¹对应香蕉生物量增加率依次为 1.64%、5.96%、10.75%、19.79%(表 4)。

表 4 不同白花鬼针草施用量下土壤养分和香蕉苗鲜重分析

Table 4 Soil nutrient and fresh weight of banana seedlings analysis under different application rates of *B. pilosa*

用量 Application rates/(g · 株 ⁻¹)	pH	有机碳浓度 Organic carbon/ (g · kg ⁻¹)	碱解氮浓度 Alkaline N/ (mg · kg ⁻¹)	速效磷浓度 Available P/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾浓度 Available K/ (mg · kg ⁻¹)	香蕉苗鲜重 Fresh weight of banana seedlings/g
0	5.23±0.09a	13.88±0.21c	85.14±1.54c	17.37±0.34a	84.23±3.46c	188.14±10.23c
50	5.21±0.06a	14.02±0.19c	85.98±0.71c	16.95±0.29a	84.35±4.56c	191.23±9.02c
100	5.14±0.03a	14.29±0.22bc	88.26±1.68bc	17.03±0.41a	85.29±2.17c	199.35±13.36bc
200	5.18±0.04a	14.58±0.08b	90.14±0.56b	17.21±0.25a	93.41±2.28b	208.36±10.23b
400	5.12±0.05a	15.09±0.09a	93.96±0.86a	17.15±0.29a	100.63±1.51a	225.37±8.12a

表中数据格式为平均值±标准误。不同小写字母表示处理间差异达 5%显著水平。

The data are mean±SD. Different small letters means significant differences at the p=0.05 level.

3 讨论与结论

植物化感作用的研究对研究植物进化及其开发利用具有重要意义,而研究化感作用受体植物的选择应根据研究目的和化感作用植物在野外可能的作用对象来选择。白花鬼针草是香蕉园的优势杂草,本研究以白花鬼针草为供体,以香蕉园另外 4 种优势杂草为受体研究白花鬼针草的化感作用,按

照“以草治草”的思路探讨香蕉园杂草的生态防治,对白花鬼针草的防治及其开发利用具有重要价值。

生物测定作为化感作用研究中一个非常重要的环节(曾任森,1999),而化感作用的发挥与化感物质的浓度有关,低浓度促进、高浓度抑制是普遍现象(张红,2007)。本研究设置了 4 个浓度梯度的白花鬼针草浸提液,通过对 4 种杂草种子的化感作用生物测定,以综合化感效应来看,白花鬼针草浸

提液浓度 $0.0125 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时对 4 种杂草种子表现不一;浸提液浓度 $0.025 \sim 0.1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时,对 4 种杂草均表现明显抑制作用;通过分析比较种子发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数对应的化感效应敏感指数发现,白花鬼针草处理具有降低种子发芽率、延缓种子发芽时间的作用,同时对杂草萌发后的鲜重有一定促进作用,但这种促进作用较弱,所以综合化感效应表现为抑制作用。而在盆栽模拟试验中,当白花鬼针草施用量为 $50 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 时,对 4 种杂草株防效均为抑制作用,鲜重防效表现不一;当白花鬼针草施用量为 $100 \sim 400 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 时,对 4 种杂草的株防效和鲜重防效均为抑制作用,且鲜重防效均低于株防效。究其原因,可能是由于白花鬼针草施用后,杂草数量降低,杂草间养分竞争降低,杂草单株鲜重上升,进而导致鲜重防效低于株防效,同时结合培养皿萌发试验生物测定结果分析,也可能是由白花鬼针草施用具有促进杂草鲜重增加的作用所致。而对于白花鬼针草对上述 4 种杂草的防控机理,可能是由白花鬼针草化感作用和物理覆盖作用双重因素所致。本研究中,随着白花鬼针草施用量的增加,其释放化感物质的量不断增加,覆盖厚度也不断增加,进而表现为控草作用不断增强。总的来看,盆栽模拟大田试验结果与培养皿萌发试验生物测定结果具有一致性。

覆盖作物是增加土壤碳储量和提高土壤质量的有效措施之一(Lal, 2002; Sainju *et al.*, 2002)。有研究认为,耕层土壤速效磷含量与化肥磷施用量有关,而与秸秆还田方式无显著相关(王小彬等, 2000)。秸秆还田对土壤磷素不产生显著影响可能与秸秆中磷素含量较低以及土壤磷的有效性受外界环境影响很大有关(戴志刚, 2009)。本研究中,白花鬼针草施用后土壤有机碳、碱解氮、速效钾均显著提高,但土壤 pH、速效磷变化未达到显著水平。这与苏伟等(2014)报道的稻草还田土壤肥力效应评价、魏静(2018)报道的不同冬季覆盖作物对玉米地土壤养分的影响有一定相似性。秸秆还田之后不仅可以通过自身分解释放的营养成分、化学物质影响作物生长,也可以通过影响作物生长的环境因子间接影响作物生长(苏伟等, 2014)。本研究中,随着白花鬼针草施用量的增加,杂草防效不断提高,香蕉生物量不断增加,土壤有机碳、碱解氮、速效钾含量也不断增加。而土壤、香蕉、杂草三者

关系密切,土壤的最终养分取决于施用白花鬼针草对土壤的贡献值,以及杂草、香蕉利用消耗量等各个环节,而香蕉生物量同样受到土壤供肥力、杂草竞争力等因素的影响。本研究证实了通过施用白花鬼针草对三者的关系进行干预,最终抑制了草增长、提高土壤肥力、促进香蕉生长,但对于白花鬼针草单独作用于土壤、香蕉的具体效应有待进一步研究。本研究中,选择在试验处理 35 d 后测定杂草防效、土壤养分和香蕉苗生物量等指标,而不同的试验时间(指标测定时间)条件下,所计算的杂草防效、土壤养分贡献值、香蕉苗生物量增加情况等必然存在差异,所以对于香蕉园施用白花鬼针草后控草增效作用的动态还有待进一步研究。本研究设置的处理水平中,以白花鬼针草施用量最大值 $400 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 控草增效作用最佳,对继续增加白花鬼针草施用量控草增效作用是否进一步提升有待进一步研究;对于白花鬼针草与农药化肥配合施用,对农药化肥的减量减施效果有待进一步研究;香蕉幼苗期由于投影盖度较小,是杂草滋生的关键时期,而到香蕉营养生长后期、抽雷期、挂果期,对杂草的荫蔽性逐渐增加,水肥竞争力增强,施用白花鬼针草的效益也会随之降低,所以对白花鬼针草在大田施用对香蕉产量、经济效益的影响有待进一步研究。

香蕉是海南、云南、广西、广东、福建等省(自治区)的重要经济作物,在香蕉生产中,草害是影响其产量、质量较为突出的问题之一(李晓霞等, 2018)。本研究初步探明了香蕉园施用白花鬼针草具有控草增效的效用,但香蕉园杂草群落结构,各地区差异较大,苏微微等(2001)报道的福建香蕉园杂草主要有牛筋草 *Eleusine indica* (L.) Gaertn.、看麦娘 *Alopecurus aequalis* Sobol.、小飞蓬 *Conyza canadensis* (L.) Cronq.等,谭乾开等(2018)报道的海南香蕉园杂草以双穗雀稗 *Paspalum paspaloides* (Michx.) Scribn.、牛筋草、三叶鬼针草等为主,而笔者调查的云南香蕉园杂草以短叶水蜈蚣、牛筋草、马唐、柔弱斑种草为优势种群。所以香蕉园施用白花鬼针草的效应,还应结合当地香蕉园杂草群落结构加以考量。白花鬼针草施用于香蕉园通过物理覆盖作用、化感作用等起到防治杂草的目的,但随之带入的自身种子也可能侵染香蕉园,故在实践中,建议采集开花期及以前的白花鬼针草作为施用材料;同时,参考钟军弟等(2017)研究结果,白花鬼针草种子的

适宜出苗土壤深度为 0~1 cm, 埋藏深度超过 2 cm 几乎完全抑制了其种子萌发, 建议白花鬼针草施用后可采取适当泥土掩埋的方式抑制其可能带入的种子出苗。

参考文献

- 鲍士旦, 2008. 土壤农化分析. 3 版. 北京: 中国农业出版社.
- 陈士超, 王猛, 汪季, 高永, 刘宗奇, 王香, 2017. 紫花苜蓿种子萌发及幼苗生理特性对 PEG6000 模拟渗透势的响应. *应用生态学报*, 28(9): 2923-2931.
- 杜凤移, 2007. 入侵植物三叶鬼针草化感作用的初步研究. 硕士学位论文. 成都: 四川师范大学.
- 杜浩, 只佳增, 李宗锴, 周劲松, 杨绍琼, 孙寅虎, 王朝, 陈伟强, 2020. 云南红河流域热带作物园区杂草组成及群落特征分析. *热带作物学报*, 41(1): 192-201.
- 丁毓良, 2007. 生态农业产业化模式及效益研究. 博士学位论文. 大连: 大连理工大学.
- 戴志刚, 2009. 稻秆养分释放规律及秸秆还田对作物产量和土壤肥力的影响. 硕士学位论文. 武汉: 华中农业大学.
- 范秀琴, 张雄帅, 舒景昌, 2011. 中国外来物种入侵的现状、对策及新的研究方向. *河北林果研究*, 26(2): 195-198.
- 李金才, 2007. 生态农业标准体系与典型模式技术标准研究. 博士学位论文. 北京: 农业资源与农业区划研究所.
- 李晓霞, 沈奕德, 黄乔乔, 王秀, 刘延, 范志伟, 2018. 海南省香蕉园牛筋草对白草枯抗药性水平的初步研究. *杂草学报*, 36(2): 16-18.
- 路兴涛, 吴翠霞, 张勇, 马冲, 张田田, 孙竹波, 孔繁华, 2014. 12 种除草剂对冬小麦田阔叶杂草的防除效果. *麦类作物学报*, 34(3): 425-431.
- 刘湘永, 苏翠, 沈丽春, 2011. 白花鬼针草水浸提液对 4 种植物的化感作用. *广东农业科学* (21): 141-144.
- 罗娅婷, 王泽明, 崔现亮, 赵利坤, 王桔红, 罗银玲, 2019. 白花鬼针草的繁殖特性及入侵性. *生态学杂志*, 38(3): 655-662.
- 罗雪晶, 石青, 贾月月, 张风娟, 2017. 3 种菊科入侵植物不同生长时期的土壤酶活性和养分变化. *生物安全学报*, 26(4): 293-300.
- 毛丹鹏, 谢俊芳, 全国明, 章家恩, 2010. 三叶鬼针草水浸提液对两种牧草种子萌发与幼苗生长的影响. *佛山科学技术学院学报*, 28(5): 7-11.
- 马瑞君, 王明理, 赵坤, 郭守军, 赵庆芳, 孙坤, 2006. 高寒草场优势杂草黄帚囊吾水浸液对牧草的化感作用. *应用生态学报*, 17(5): 845-850.
- 苏伟, 2014. 稻草还田对油菜生长、土壤肥力的综合效应及其机制研究. 博士学位论文. 武汉: 华中农业大学.
- 苏微微, 李正扬, 韦雪琼, 2001. 广西龙眼、荔枝、香蕉园杂草调查初报. *广西植保*, 14(1): 10-12.
- 陶宏征, 田学军, 夏芳, 沈云玫, 2015. 三叶鬼针草水浸液对蒲公英种子萌发和幼苗生长的化感作用. *北方园艺*, (10): 87-90.
- 谭乾开, 黎华寿, 廖昌庆, 李水源, 李娜, 2018. 保试达 (GLA) 防除香蕉园杂草的药效及其对杂草群落的动态影响. *热带作物学报*, 30(6): 839-845.
- 王海英, 刘姗姗, 刘志明, 2013. 小蓬草精油的化感效应. *中国野生植物资源*, 32(3): 18-23.
- 王松林, 黄冬芬, 刘国道, 郇恒福, 高玲, 杨虎彪, 2014. 野生菊科绿肥的有机肥品质评价. *草地学报*, 22(5): 1131-1134.
- 王小彬, 蔡典雄, 张镜清, 高绪科, 2000. 旱地玉米秸秆还田对土壤肥力的影响. *中国农业科学*, 33(4): 54-61.
- 杨华庚, 谭琼瑶, 易莹, 方亮, 邓志声, 2015. 橡胶叶水浸提液对 3 种蔬菜作物的化感潜力. *广东农业科学* (12): 49-55.
- 张红, 2007. 常见杂草化感除草活性及其作用机理研究. 硕士学位论文. 兰州: 西北师范大学.
- 魏静, 2018. 不同冬季覆盖作物对土壤养分及雨养玉米生长特征的影响. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学.
- 钟军弟, 周贤熙, 李晓琳, 袁长春, 刘金祥, 刘晚苟, 2017. 不同埋藏深度对白花鬼针草、假臭草和胜红蓟种子出苗及生长的影响. *热带农业科学*, 37(1): 1-6.
- LAL R, 2002. Carbon sequestration in dryland ecosystems of West Asia and North Africa. *Land Degradation and Development*, 13: 45-59.
- SAINJU U M, SINGH B P, WHITEHESD W F, 2002. Long-term effects of tillage, cover crops, and nitrogen fertilization on organic carbon and nitrogen concentrations in sandy loam soils in Georgia, USA. *Soil and Tillage Research*, 63: 167-179.
- SAXENA A, SINGH D V, JOSHI N L, 1996. Autotoxic effects of pearl millet aqueous extracts on seed germination and seedling growth. *Journal of Arid Environments*, 33: 255-260.
- WAN F H, GUO J Y, WANG D H, 2002. Alien invasive species in China: their damages and management strategies. *Biodiversity Science*, 10(1): 119-125.
- WILLIAMSON G B, RICHARDSON D, 1988. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses with independent controls. *Chemistry and Ecology*, 14(1): 181-187.