

甘蔗花生间作对甘蔗地土壤杂草种子萌发特性的影响^{*}

沈雪峰 方 越 董朝霞 陈 勇^{**}

(华南农业大学农学院, 广州 510642)

摘 要 为明确间作对杂草种子库特征的影响, 比较研究了自然恢复、花生单作、甘蔗单作和甘蔗花生间作下杂草种子库的特征。结果表明: 与花生单作田土壤相比, 甘蔗花生间作土壤杂草种子库种类和密度分别降低了 44.4% 和 34.0%; 与甘蔗单作田土壤相比, 甘蔗花生间作土壤杂草种子库种类和密度分别降低了 37.5% 和 22.7%。与播种前和自然恢复田土壤相比, 甘蔗花生间作田杂草种子库优势杂草种类数量显著增加, 而种子库密度显著降低。甘蔗花生间作田杂草实际出草量分别占自然恢复田的 33.7%、花生单作田的 40.9%、甘蔗单作田的 55.8%。间作系统影响土壤杂草种子库种类和密度的机制, 可能是间作作物与杂草竞争资源及其产生的化感作用抑制杂草。

关键词 甘蔗; 花生; 间作; 杂草种子库

中图分类号 S451.0 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2015)3-0656-05

Effect of intercropping sugarcane with peanut on weed seed germination in sugarcane soil. SHEN Xue-feng, FANG Yue, DONG Zhao-xia, CHEN Yong^{**} (College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2015, 34(3): 656–660.

Abstract: A field study was conducted to evaluate the effects of intercropping on weed seed germination in sugarcane soil. Four treatments were designed: natural recovery, peanut monoculture, sugarcane monoculture, sugarcane intercropping with peanut. The results showed that the weed seed density and species in the soil of sugarcane intercropping with peanut were reduced by 44.4% and 34.0% compared with peanut monoculture, and by 37.5% and 22.7% compared with sugarcane monoculture, respectively. Compared with soil seed bank before sowing soil and in the natural recovery plots, the dominant species of weed increased but their seed density decreased significantly in the soil of intercropping sugarcane with peanut. The weed yield of intercropping sugarcane with peanut accounted for 33.7%, 40.9% and 55.8% of those in natural recovery, peanut monoculture, and sugarcane monoculture, respectively. Our study suggests that intercropping affects the density and species composition of the weed seedbank by producing higher crop yield and less weed growth through usurping resources from weeds and by suppressing weed growth through allelopathy.

Key words: sugarcane; peanut; intercropping; weed seedbank.

甘蔗为热带、亚热带的主要经济作物和糖料作物。广东是我国蔗糖主产区, 粤西和珠江三角洲地区甘蔗种植面积 $1.4 \times 10^5 \text{ hm}^2$ (Li *et al.*, 2013)。广东省甘蔗种植行距较宽 (1.2 m), 苗期甘蔗生长缓

慢, 从下种至封行期, 蔗行裸露长达 90~120 d, 此期间蔗苗对光照、水分、养分需求量不高, 土地资源利用不充分 (李志贤等, 2011)。蔗田杂草呈现种类多、密度大、生长量大等特点, 以马唐、牛筋草、香附子、铜锤草、铁苋菜、龙葵、鼠曲、胜红蓟、狗尾草、凹头苋等发生与危害严重 (马跃峰等, 2004)。对于蔗田杂草的治理, 普遍采用化学防除的方式, 以吡啶磺

^{*} 公益性行业 (农业) 科研专项 (201103001) 和华南农业大学校长基金项目 (4100-K11138) 资助。

^{**} 通讯作者 E-mail: chenryong@scau.edu.cn

收稿日期: 2014-07-03 接受日期: 2014-10-10

隆、莠灭净、异噁草酮、甲磺草胺为主的各种高效、广谱的除草剂,取得了较好的防除效果(马跃峰等, 2004)。但随着除草剂的长期大量使用,对环境和农产品的污染、对农田生物多样性的破坏以及抗药性杂草等问题(张朝贤等, 2009; Grundy *et al.* 2011)。农业的可持续发展要求对杂草进行综合管理,提倡利用生物、生态的措施来治理杂草,尽量减少化学除草剂的使用(魏守辉等, 2005)。可见,建立合理的甘蔗间作模式,将有利于充分利用时间和空间,实现农业的可持续发展(李志贤等, 2011; 全林发等, 2013; Li *et al.*, 2013)。

农田杂草种子库作为农田中杂草群落综合体的潜在杂草群落,是杂草种群生活史的一个重要阶段,其大小、种类组成及结构特点决定了将来田间杂草的发生危害情况,其动态变化与田间作物、耕作栽培方式及杂草防除措施密切相关(Harbuck *et al.*, 2009; Kelton *et al.*, 2011; 方越等, 2012; 蒋敏等, 2013)。间作就是在同一田地上于同一生长期种植2种或2种以上作物的种植方式。间作能够有效提高资源利用率(Li *et al.*, 2013; Shen *et al.*, 2014),同时可以降低对化学除草剂的依赖性(Banik *et al.*, 2006; O'Donovan *et al.*, 2013)。Iqbal等(2007)研究发现,棉花单行或双行间种高粱、大豆、芝麻能够有效降低香附子的密度。Banik等(2006)报道,小麦和鹰嘴豆间作能够显著降低杂草密度。在有机种植中,玉米和豆类间作与玉米单作相比可以有效利用光资源显著低杂草丰富度(Bilalis *et al.*, 2010)。史学朋等(2011)研究发现,玉米向日葵间作杂草总密度在苗期-拔节期、喇叭口期-授粉期、成熟期分别较对照下降了55.54%、56.36%和23.77%,总干重分别下降了87.44%、79.23%和41.86%。间作对田间杂草种子库的相关研究报道较少。本文研究甘蔗花生间作对甘蔗田杂草种子库萌发特性影响,旨在为华南地区作物间作对田间杂草防除,提供一定的理论依据和实践指导。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

试验于2012—2014年在华南农业大学增城宁西试验基地(N23°14', E113°38')进行,本试验数据以2013—2014年生长季为例。该区地处亚热带,属亚热带季风气候,光热资源充足,年平均日照时数为1820~1960 h,年平均太阳辐射4367.2~4597.3

MJ·m⁻², 年均气温21.6℃, 全年积温7910.9℃·d, 年平均降雨量1967.8 mm。试验地土壤为赤红壤,耕层有机质含量16 g·kg⁻¹,速效氮14.12 mg·kg⁻¹,速效磷45.10 mg·kg⁻¹,速效钾98.89 mg·kg⁻¹,土壤pH值6.50。

1.2 试验材料与试验设计

供试甘蔗品种为广州番禺本地品种果蔗(市购),供试花生品种为粤油7号,由广东农业科学院提供,该品种为目前广东省主推花生品种。

前茬作物为玉米。试验选择地力相对均一的田块中进行,采用平畦种植,试验设置自然恢复、花生单作、甘蔗单作和甘蔗花生间作4种植模式,每个处理重复3次,共12个小区(小区面积4 m×5 m),四周设置保护行,采用完全随机区组排列设计。甘蔗花生间作规格采用1:2型种植(即:3行甘蔗:6行花生),带状种植(全林发等, 2013)。

于2013年2月15日整地,3月16号播种花生,按照株、行距30 cm×30 cm穴播,每穴3粒种子,出苗后间苗,每穴留2株。4月2号种植甘蔗,蔗行距为1 m。播前施基肥(氯化钾100 kg·hm⁻²,过磷酸钙750 kg·hm⁻²,复合肥(N:P:K=15:15:15)750 kg·hm⁻²);5月15日施穗肥(氯化钾300 kg·hm⁻²,尿素225 kg·hm⁻²);7月15日施茎肥(尿素672 kg·hm⁻²)。期间田间采用常规管理。花生于2013年7月20日收获。甘蔗于2014年1月10日收获。

1.3 土壤种子库调查及测定方法

分别于2013年2月花生和甘蔗播种前和2014年1月甘蔗收获后,比较测定杂草种子库的变化情况。利用直径9 cm的取样器分层(0~5、5~10、10~15和15~20 cm)“S”型随机采集,每个处理5个土样,同一层的土样混装在一起。采用诱萌法(马波等, 2004),将采集的土样自然风干,稍加粉碎,每层土置于专用塑料培养盘内,每天以喷雾器喷水至土壤水分饱和。每15 d调查出草数并拔除,直至停止出草,再混匀土样,风干,浇水,施少量KNO₃,促草萌发,至停止出草止,重复3次。分类后记录各土层深度杂草种类及数量。

1.4 数据处理

分别统计各处理杂草种子库的物种组成及数量,计算杂草种子库的特征参数(魏守辉等, 2005)。试验数据使用Excel 2010和SPSS 19.0软件进行统计分析,测验各处理间的差异显著性。

表 1 播种前和收获后各土层土壤杂草种子库密度
Table 1 Density of weed seedbank in different soil layers before sowing and after harvesting

处理	土层 (cm)	杂草密度 (粒·m ⁻²)	杂草总密度 (粒·m ⁻²)	比例 (%)
播种前	0~5	3623.0	6993.2	51.81
	5~10	2407.1		34.42
	10~15	734.0		10.50
	15~20	229.1		3.27
自然恢复	0~5	4636.2	8931.6	51.91
	5~10	2863.6		32.06
	10~15	1090.9		12.21
	15~20	340.9		3.82
花生单作	0~5	4862.4	9904.1	49.09
	5~10	3703.3		37.39
	10~15	907.8		9.17
	15~20	430.6		4.35
甘蔗单作	0~5	4090.9	8454.5	48.39
	5~10	2931.8		34.68
	10~15	1159.1		13.71
	15~20	272.7		3.23
甘蔗花生间作	0~5	3290.9	6533.7	50.37
	5~10	2181.8		33.39
	10~15	790.9		12.10
	15~20	270.1		4.13

2 结果与分析

2.1 土壤杂草种子库密度及其垂直分布

由表 1 可以看出,播种前田间土壤杂草种子库密度为 6993.2 粒·m⁻²,其中,0~5 cm 与 5~10 cm 土层中所含杂草种子数量比例较高,分别占总密度的 51.81%和 34.42%,而 10~15 cm 与 15~20 cm 土

层较少,分别为 10.50%和 3.27%。收获后,以花生单作田土壤中杂草种子库密度最大(9904.1 粒·m⁻²),其次为自然恢复田土壤和甘蔗单作田土壤,而甘蔗花生间作土壤最小。甘蔗花生间作田土壤杂草种子库密度较花生单作田和甘蔗单作田分别降低了 34.0%和 22.7%。从垂直分布情况看,甘蔗花生间作处理能够有效降低 0~5 cm 和 5~10 cm 土层的杂草种子库密度,而对 10~15 cm 和 15~20 cm 影响较小。

2.2 土壤杂草种子库物种组成

土壤种子库包括存在于土壤表面和土壤中全部存活种子的总和。由表 2 可知,在间作播种前田间土壤杂草种子库中共检测到 12 种杂草,隶属于 8 科 12 个属。其中:禾本科(Gramineae)有牛筋草(*Eleusine indica* G.)、马唐(*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.)、稗草(*Echinochloa crusgalli* B.)和千金子(*Leptochloa chinensis* (L.) Ness.) 4 种;莎草科(Cyperaceae)有碎米莎草(*Cyperus iria* L.)和水虱草(*Fimbristylis miliaceae* L.) 2 种;玄参科(Scrophulariaceae)陌上菜(*Lindernia procumbens* L.);柳叶菜科(Onagraceae)草龙(*Ludwigia hyssopifolia* E.);马齿苋科(Portulacaceae)马齿苋(*Portulaca oleracea* L.);蓼科(Polygonaceae)篇蓄(*Polygonum aviculare* L.);石竹科(Caryophyllaceae)牛繁缕(*Malachium aquaticum* (L.) Frie.)和茜草科(Rubiaceae)伞房花耳草(*Hedyotis corymbosa* (L.) Lam.),其中牛筋草数量最大,占72.88%;优势杂草为牛筋草、陌上菜、牛繁缕

表 2 播种前后各种杂草的密度(粒·m⁻²)
Table 2 Number of weeds before and after sowing

杂草种类	杂草种子库密度				
	播种前	自然恢复	花生单作	甘蔗单作	甘蔗花生间作
牛筋草(<i>Eleusine indica</i> G.)	5095.0±259.1 b	6401.0±499.6 a	5056.6±335.0 b	4625.0±468.5 c	3552.0±161.2 d
马唐(<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.)	160.0±48.3 d	555.0±21.4 a	431.7±80.9 b	333.0±56.5 e	135.7±100.9 d
稗草(<i>Echinochloa crusgalli</i> B.)	100.1±57.5 d	407.0±93.1 a	333.0±97.9 b	283.7±24.7 c	160.3±105.3 d
千金子(<i>Leptochloa chinensis</i> (L.) Ness.)	70.2±29.2 b	0.0±0.0 c	111.0±24.1 ab	86.3±19.3 b	148.0±64.1 a
碎米莎草(<i>Cyperus iria</i> L.)	53.0±36.3 c	172.7±53.8 a	172.7±88.9 a	123.3±61.7 b	24.7±24.7 d
水虱草(<i>Fimbristylis miliaceae</i> L.)	20.1±29.4 d	37.0±21.4 c	271.3±80.9 a	123.3±24.7 b	148.0±64.1 b
陌上菜(<i>Lindernia procumbens</i> L.)	758.5±117.5 c	370.0±42.7 d	1418.3±228.4 a	1023.6±142.2 b	370.0±56.5 d
草龙(<i>Ludwigia hyssopifolia</i> E.)	52.0±69.6 d	172.7±12.3 c	468.7±80.9 a	209.7±49.3 b	222.0±42.7 b
马齿苋(<i>Portulaca oleracea</i> L.)	20.1±10.3 bc	37.0±21.4 a	24.7±24.7 b	37.0±37.0 a	0.0±0.0 c
篇蓄(<i>Polygonum aviculare</i> L.)	159.5±66.5 c	61.7±44.4 d	407.0±81.0 a	234.3±32.6 b	160.3±25.1 c
牛繁缕(<i>Malachium aquaticum</i> (L.) Frie.)	204.6±39.1 d	135.0±12.3 e	320.7±37.3 b	666.0±40.0 a	234.3±24.7 c
伞房花耳草(<i>Hedyotis corymbosa</i> L.)	171.0±28.38 c	172.7±18.9 c	357.7±47.6 a	296.0±26.5 b	271.3±30.5 b
其他	131.2±55.7 d	246.7±49.3 c	530.3±75.0 a	308.3±68.7 b	308.3±50.9 b
总计	6993.1±154.3 c	8768.5±107.5 ab	9903.6±263.6 a	8349.6±115.0 b	5735.2±141.4 d
物种丰富度	10	24	30	28	25

同一行不同小写字母表示处理间差异达到显著水平($P<0.05$),下同。

表 3 甘蔗花生间作对田间杂草种群的影响 (株·m⁻²)
Table 3 Effect of intercropping sugarcane with peanut on community composition of weed

杂草种类	杂草种群			
	自然恢复	花生单作	甘蔗单作	甘蔗花生间作
牛筋草	224.0±28.3 b	148.0±12.0 c	100.0±6.9 d	50.7±5.8 e
马唐	14.7±3.5 bc	22.7±4.8 b	10.7±2.7 c	1.3±1.3 d
稗草	0.0±0.0 c	0.0±0.0 c	2.7±2.7 b	2.7±2.7 b
千金子	0.0±0.0 e	2.7±2.7 b	1.3±1.3 c	2.7±2.7 d
碎米莎草	0.0±0.0 d	2.7±2.7 c	4.0±2.3 b	4.0±2.3 b
水虱草	1.3±1.3 c	2.7±2.7 b	1.3±1.3 c	2.7±2.7 b
陌上菜	1.3±1.3 d	9.3±1.3 b	8.0±6.1 bc	6.7±3.5 c
草龙	1.3±1.3 c	4.0±4.0 b	2.7±2.7 bc	4.0±2.3 b
马齿苋	1.3±1.3 c	2.7±1.3 b	0.0±0.0 d	1.3±1.3 c
蒺藜	0.0±0.0 d	2.7±2.7 c	2.7±2.7 c	6.7±3.5 b
牛繁缕	0.0±0.0 d	2.7±2.7 b	1.3±1.3 c	0.0±0.0 d
伞房花耳草	0.0±0.0 d	1.3±1.3 c	6.7±3.5 b	0.0±0.0 d
其他	5.3±3.5 c	4.0±4.0 cd	9.3±4.8 b	1.3±1.3 d
总草	249.3±28.5 b	205.3±14.1 c	150.6±3.5 d	84.0±9.2 e
物种丰富度	9	14	16	11

等。在自然恢复田土壤中,优势杂草为牛筋草、马唐、稗草、陌上菜等 4 种,分别为 6401.0、555.0、407.0 和 370.0 粒·m⁻²;在花生单作田土壤中,优势杂草为牛筋草、陌上菜、草龙、马唐、蒺藜、伞房花耳草、稗草、牛繁缕、水虱草等 9 种,且数量较多;在甘蔗单作田土壤中,优势杂草为牛筋草、陌上菜、牛繁缕、马唐、伞房花耳草、稗草、蒺藜、草龙等 8 种,且数量较多;在甘蔗花生间作田土壤中,优势杂草为牛筋草、陌上菜、伞房花耳草、牛繁缕、草龙等 5 种,分别为 3552.0、370.0、271.3、234.3 和 222.0 粒·m⁻²。

2.3 甘蔗花生间作对田间杂草种群的影响

由表 3 可知,自然恢复土壤中出草数量最多,为 249.3 株·m⁻²,占其杂草种子库的 2.84%;花生单作土壤中,杂草数量为 205.3 株·m⁻²,占其杂草种子库的 2.07%,并且杂草群落的丰富度较高;甘蔗单作土壤中,杂草总数为 150.6 株·m⁻²,占其杂草种子库的 1.80%,杂草群落的丰富度最高;甘蔗花生间作土壤杂草总数为 84.0 株·m⁻²,占其杂草种子库的 1.46%,低于自然恢复和单作土壤,而杂草群落的丰富度低于单作,高于自然恢复土壤。

3 结论与讨论

不同种植方式的土壤杂草种子库密度和种类组成存在明显差异,间作种植可以显著改变土壤杂草种子库的密度和种类组成。作物播种前以及收获后,土壤杂草种子库的垂直分布大部分集中于 0~10 cm 的表层土壤中,这与前人的研究(魏守辉等,

2005;方越等,2012)报道一致。大量研究表明(Banik *et al.*,2006;Iqbal *et al.*,2007;Harbuck *et al.*,2009;Kelton *et al.*,2011;方越等,2012),作物间作种植可以显著降低田间杂草密度。本研究表明,花生甘蔗间作后,土壤杂草种子库的密度和种类组成显著改变。与播种前和自然恢复田土壤相比,甘蔗花生间作田土壤杂草种子库优势杂草种类数量显著增加,种子库密度却显著降低。与单作土壤相比,甘蔗花生间作土壤杂草种子库种类和密度显著降低。

本研究发现,杂草实际出草率以自然恢复田土壤最高,这与未进行田间管理有关,说明野生环境利于杂草生长。花生单作田间杂草数量次之,这是由于花生于 2013 年 7 月 20 日收获,后期无覆盖作物,导致杂草大量生长。而甘蔗花生间作田间杂草数量最低,这是由于花生封行较早,有效抑制了牛筋草、马唐等杂草种子的萌发与生长,从而降低了田间杂草的密度。有研究表明(Banik *et al.*,2006;O'Donovan *et al.*,2013),作物间作可以显著抑制田间杂草的发生,减少除草剂的使用。本研究发现,甘蔗花生间作田杂草实际出草量分别占自然恢复田的 33.7%、花生单作田的 40.9%、甘蔗单作田的 55.8%。

间作系统提供了一个多样化的选择压,限制了某些对单一种植或自然恢复系统有着良好适应性杂草种类的生长。Bilalis 等(2010)研究报道,玉米和豆类间作通过与杂草竞争光资源从而降低杂草的丰富度。与单作相比,小麦和鹰嘴豆间作具有较强抑制杂草生长的能力(Banik *et al.*,2006)。本研究发现,与单作相比,甘蔗花生间作显著降低了田间土壤杂草的数量与密度;与自然恢复相比,丰富了土壤杂草的种类与数量。可见,间作系统影响土壤杂草种子库种类和密度的机制,可能是间作作物与杂草竞争资源及其产生的化感作用抑制杂草。

参考文献

方越,牟英辉,沈雪峰,等. 2012. 华南地区大豆田杂草种子库特征与化学防除的研究. 大豆科学, 31(6): 966-971.

蒋敏,沈明星,施林林,等. 2013. 长期定位施肥对稻麦轮作农田土壤杂草种子库的影响. 中国农业科学, 46(3): 555-563.

李志贤,王建武,杨文亨,等. 2011. 甘蔗/大豆间作减量施肥对甘蔗产量、品质及经济效益的影响. 应用生态学报, 22(3): 713-719.

马波,强胜,魏守辉. 2004. 农田杂草种子库研究方法.

- 杂草科学, (2): 5-8.
- 马跃峰, 杜晓莉, 李雪生. 2004. 蔗田杂草发生危害及药剂防除. 植物保护, **30**(1): 84-86.
- 全林发, 肖学明, 方越, 等. 2013. 甘蔗间作花生播期筛选试验. 广东农业科学, **40**(18): 11-12.
- 史学朋, 栾琛, 陈源泉, 等. 2011. 玉米与不同植物间作对田间杂草群落动态变化的影响. 杂草科学, **29**(4): 13-19.
- 魏守辉, 强盛, 马波, 等. 2005. 不同作物轮作制度对土壤杂草种子库特征的影响. 生态学杂志, **24**(4): 385-389.
- 张朝贤, 倪汉文, 魏守辉, 等. 2009. 杂草抗药性研究进展. 中国农业科学, **42**(4): 1274-1289.
- Banik P, Midya A, Sarkar B, *et al.* 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive experiment: Advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy*, **24**: 325-332.
- Bilalis D, Papastylianou P, Konstantas A, *et al.* 2010. Weed-suppressive effects of maize-legume intercropping in organic farming. *International Journal of Pest Management*, **56**: 173-181.
- Grundy AC, Mead A, Bond W, *et al.* 2011. The impact of herbicide management on long-term changes in the diversity and species composition of weed populations. *Weed Research*, **51**: 187-200.
- Harbuck KSB, Menalled FD, Pollnac FW. 2009. Impact of cropping systems on the weed seed banks in the northern Great Plains, USA. *Weed Biology and Management*, **9**: 160-168.
- Iqbal J, Cheema ZA, An M. 2007. Intercropping of field crops in cotton for the management of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.). *Plant and Soil*, **300**: 163-171.
- Kelton JA, Price AJ, Santen E, *et al.* 2011. Weed seed bank density and composition in a tillage and landscape variability study. *Communications in Biometry and Crop Science*, **6**: 21-30.
- Li XP, Mu YH, Cheng YB, *et al.* 2013. Effects of intercropping sugarcane and soybean on growth, rhizosphere soil microbes, nitrogen and phosphorus availability. *Acta Physiologiae Plantarum*, **35**: 1113-1119.
- O'Donovan J, Harker K, Turkington T, *et al.* 2013. Combining cultural practices with herbicides reduces wild oat (*Avena fatua*) seed in the soil seed bank and improves barley yield. *Weed Science*, **61**: 328-333.
- Shen XF, Fang Y, Tan WJ, *et al.* 2014. Effects of intercropping *Camellia oleifera* with soybean on the growth, soil physico-chemical properties and inner canopy micro-climate. *Journal of Agriculture, Biotechnology and Ecology*, **7**: 20-28.

作者简介 沈雪峰,男,1982年生,博士,讲师,主要从事作物栽培与耕作学。E-mail: xuefengshen@126.com
责任编辑 王伟
