

绿肥植物田菁的化感效应及对土壤肥力的影响^①

秦俊豪, 温莹, 李君菲, 徐超, 黄丽颖, 郑家坤, 曹巧滢, 黎华寿*

(华南农业大学农业部华南热带农业环境重点实验室, 广州 510642)

摘要: 实验研究了自然条件下原位提取的田菁(*Sesbania cannabina*)淋溶液和田菁秸秆模拟还田对不同受体植物三叶鬼针草(*Bidens pilosa*)、稗草(*Echinochloa crusgalli*)和萝卜(*Raphanus sativus*)的生长及土壤性质的影响,旨在从化感作用角度综合评价田菁作为绿肥栽培时的生态效应。结果表明:原位提取的田菁淋溶液和模拟还田的田菁秸秆(根、茎、叶)对发育初期的受体植物三叶鬼针草、稗草和萝卜的生长具有一定的抑制作用,尤其对于稗草的抑制效果表现最强;然而对于受体植物生长的土壤,其土壤微生物数量和土壤酶活性显著增加,此外田间野外调查进一步证实了田菁对提高土壤肥力具有显著的促进效果。因此,合理利用田菁秸秆资源不仅能抑制杂草生长,还增加了土壤酶活性和土壤微生物量,促进了土壤的代谢,显著提高了土壤肥力水平。

关键词: 田菁; 化感作用; 原位提取; 土壤肥力

中图分类号: X712

田菁(*Sesbania cannabina*)是植物界少有的具根瘤和茎瘤双重固氮能力的植物,其结瘤数量多,固氮能力强^[1-2]。我国拥有丰富的田菁资源,开发前景广阔,利用其较大的生物量和较强的固氮能力,常作为优良绿肥。田菁绿肥含有丰富的有机质,经过压青分解,可以熟化土质,改善土性,增强地力。前人研究发现每翻耕 1 000 kg 田菁作绿肥,相当施用 5 kg 以上的氮肥;田菁的固氮能力比大豆高 20~30 倍,比苜蓿高 12~18 倍^[3-4]。前人利用田菁秸秆作为绿肥栽培时发现,一定密度下种植田菁,能使杂草生长发育大大受抑制,甚至死亡^[5]。促使杂草生长停滞原因是杂草严重受荫蔽,光合作用受阻,进而影响其生长发育。已有的研究多数侧重于田菁作为绿肥栽培时对土壤肥力水平的影响,只有极少数研究关注了田菁的抑草功能或化感潜力变化^[5-6],而对于田菁原位提取的化感物质所引起受体植物变化的研究更是少见。迄今为止,还没有关于从化感作用角度去评价田菁作为绿肥的生态效应研究的详尽报道。三叶鬼针草在华南地区分布非常广泛,是旱地和果园中的重要杂草,并且有生长快、适应性强等特性,同时可通过化感作用抑制邻近其他植物的生长^[7]。稗草是一年生禾本科杂草,因其极强的生命力与环境适应性,是世界上危害最为严重的恶性杂草之一^[8]。萝卜是一种重要的根菜

类蔬菜。本研究选择具有较高土壤营养和化感作用价值的豆科类作物田菁(*Sesbania cannabina*)作为试验材料,研究自然条件下原位提取田菁淋溶液和田菁秸秆模拟还田对不同受体植物三叶鬼针草(*Bidens pilosa*)、稗草(*Echinochloa crusgalli*)和萝卜(*Raphanus sativus*)的生长及土壤环境的影响,旨在综合揭示田菁田间防治杂草、与化感植物共竞争及对土壤肥力影响的效应,为综合评价田菁作为绿肥时产生的生态效应提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试土壤 供试土壤于 2012 年 8 月采集于华南农业大学生态学系农场,土壤类型为红壤。土壤采集后去除杂物,自然风干后过 2 mm 筛备用,其基本理化性质为:pH 5.52,有机质 30.61 g/kg,全氮 1.54 g/kg,速效磷 25.52 mg/kg,速效钾 50.07 mg/kg。

1.1.2 田菁淋溶液和秸秆制备 田菁全株于 2012 年 9 月 14 日采集于华南农业大学生态学系农场,并移栽至装有 20 kg 土壤的陶瓷盆(长 32 cm×宽 32 cm×高 31 cm;盆底装有流水口)中培养生长,共 4 盆,每盆移栽一株。同时设置无田菁植株种植土壤为对照,共 4 盆。待田菁植株移栽 7 天后,于 2012 年 9 月 23

基金项目:国家重点基础研究“973”项目(2011CB100406)资助。

* 通讯作者(lihuashou@scau.edu.cn)

作者简介:秦俊豪(1986—),男,广西桂林人,博士研究生,研究方向为农业生态。E-mail: qinjunhao312008@163.com

日定期定量向陶瓷盆(种田菁与不种田菁)进行浇水(每隔 2 天,每次 1.5 L)。浇灌水经土壤及田菁植株渗滤后,通过盆底流水口收集备用(即为田菁淋溶液 TL 或对照淋溶液 CK,收集的淋溶液直接用于试验浇灌)。另外将秋季成熟期的田菁全株采回,先用清水洗净泥土后,置于阴凉处自然晾干。将自然风干田菁秸秆(根、茎、叶)剪成 2 cm 小段混匀后,置于塑料袋中储存备用。

1.1.3 供试受体 萝卜(*Raphanus sativus*)为白粉团萝卜,其种子购于广东省农科院,稗草(*Echinochloa crusgalli*)种子由华南农业大学杂草研究室提供,三叶鬼针草(*Bidens pilosa*)种子采集于华南农业大学生态学系农场。

1.2 试验设计

以秸秆的烘干重量(85℃)为标准,称取自然风干 100 g 的混匀田菁秸秆(根、茎、叶)置于装有 5 kg 土壤的塑料盆(直径 20 cm)中(每添加 1 kg 土壤放入 20 g 混匀的田菁秸秆, TJ)。同时设置装有 5 kg 土壤但没有添加田菁秸秆的塑料盆作为对照(CK)和田菁淋溶液处理(TL)。每盆播种萝卜、稗草、三叶鬼针草种子各 15 粒,待植株长出第 1 片真叶后定苗至 6 株(2012 年 9 月 23 日)。所有处理均重复 3 次,总共 27 盆。将供试处理置于华南农业大学生态学系农场(23°08'N, 113°15'E)的温室大棚内(温度 20~25℃)培养,期间每隔 1 天向 TJ 和 CK 处理的每盆中加入 500 ml 对照淋溶液,而 TL 处理的每盆中则加入 500 ml 田菁淋溶液,所用淋溶液均为前期收集。

1.3 测定项目及方法

定植 60 天(2012 年 9–11 月)后,于 2012 年 11 月 23 日开始测定受体幼苗萝卜、稗草和三叶鬼针草的苗高,一直持续到 2013 年 1 月 10 日结束。培养结束后取样测定受体幼苗的鲜重、干重,并将整盆土壤样品置于阴凉处自然风干,将风干土过 1 mm 和 0.15 mm 筛,置于塑料袋中储存待测;另外采用五点取样法直接采集新鲜土壤用于土壤微生物测定。参考鲍士旦主编《土壤农化分析》^[9]对供试土壤进行 pH(电位法)、有机质($K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$ 外加加热法)、全氮(半微量开氏法)、全磷和全钾(用氢氧化钠熔融)、速效磷(NH_4F-HCl 浸提)、速效钾($NaOAc$ 浸提)进行测定。参考关松荫等^[10]主编《土壤酶及其研究法》测定土壤多酚氧化酶和过氧化物酶(邻苯三酚- H_2O_2 比色法)、脲酶(苯酚钠- $NaClO$ 比色法)、蔗糖酶(3,5-二硝基水杨酸比色法)和蛋白酶(茚三酮比色法)。参考中国科学院南京土壤研究所微生物室编著《土壤微生物研究法》测定土壤微生物数量^[11],其中细菌用牛肉

膏蛋白胨培养基,放线菌用高氏一号培养基,真菌用马丁氏培养基。

1.4 田间调查

本调查于 2013 年 11 月 25 日在广州市华南农业大学西宁试验基地(113°37'E, 23°14'N, 海拔 20 m)进行。该区主要气候为热带亚热带季风气候,夏季海洋暖气流形成高温、高湿、多雨的气候特点。田菁种植地面积大于 100 m²,植年限为 2 年(种植规格:0.5 m×0.5 m,采样时已基本上 4 兜/m²)2 年来无任何处理;杂草地为与田菁种植时同时平整然后弃耕的地块,2 年来也无任何处理。地块周边具化感作用植物如胜红蓊、薇甘菊、加拿大蓬、三叶鬼针草等;杂草如马唐、鸭舌草、野苧芥、牛毛毡、稗草等;经济类作物如萝卜、马铃薯、番薯等。在田菁种植地与杂草荒地中随机选取 3 块 1 m×1 m 的样地作为采样点,挖取 20 cm 深土壤剖面,取约 1 kg 土样带回实验室自然风干,测定土壤相应的理化性质。

1.5 数据分析

试验结果用 Excel 软件(2010 版)进行处理,利用 SPSS17.0 的单因素方差分析(One-way ANOVA)对每个测定项目统计结果进行显著性方差分析。

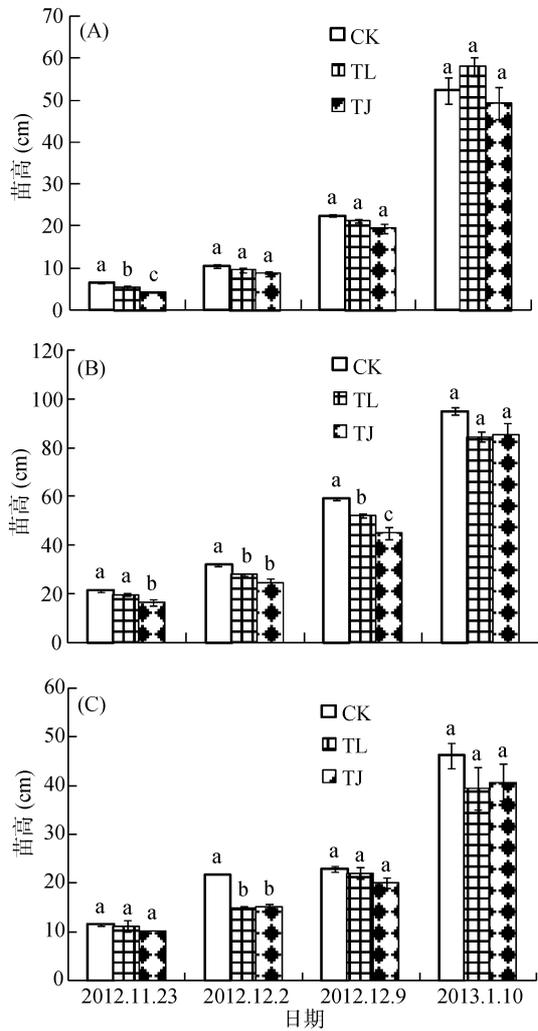
2 结果与分析

2.1 田菁淋溶液和秸秆模拟还田对 3 种受体植物生长的影响

2.1.1 对 3 种受体植物苗高的影响 由图 1 可知,田菁淋溶液处理(TL)及田菁秸秆还田处理(TJ)对受体植物三叶鬼针草、稗草和萝卜的苗高均产生一定的抑制作用,其中,对稗草的抑制作用的持续时间较长,TJ 处理对稗草苗高的影响显著高于 TL 处理($P<0.05$);在整个试验过程中(时间为 2012.11.23–12.9)CK 处理的稗草苗高均显著高于 TL 和 TJ 处理($P<0.05$)。

2.1.2 对 3 种受体植物生物量的影响 从表 1 结果可知,TL 处理下的三叶鬼针草和萝卜的鲜重和干重均高于 CK 和 TJ 处理。另外,TJ 处理下的 3 种受体植物鲜重和干重均低于 TL 和 CK 处理,且稗草植株更显著($P<0.05$)。

综合图 1、表 2 结果可知,TL 和 TJ 处理对 3 种受体植物的生长过程影响显著。在植物生育前期,TL 处理对 3 种受体植物生长均具有一定的抑制作用,表现为初期时其苗高比 CK 处理低;但随着植物生长(除稗草外),其抑制作用转化为促进,表现为受体植株的鲜重、干重均显著高于 CK 处理($P<0.05$)。其可能原因在于 TL 处理释放的化感物质对处于生育前期的受体植物较为敏感;随着植物生长成熟,其敏感度降低。此外,



(A: 三叶鬼针草, B: 稗草, C: 萝卜; 不同小写字母表示同一时间不同处理间差异显著($P < 0.05$), 下同)

图 1 不同处理对受体植物苗高的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on the seeding height of receiver plants

表 1 不同处理对受体植物鲜重和干重的影响

Table 1 Effects of different treatments on the fresh and dry weights of receiver plants

处理	鲜重			干重		
	三叶鬼针草	稗草	萝卜	三叶鬼针草	稗草	萝卜
CK	53.68 ± 3.49 b	76.33 ± 2.76 a	142.28 ± 3.90 b	11.56 ± 1.08 a	13.30 ± 0.55 a	13.17 ± 0.36 a
TL	71.61 ± 3.32 a	61.07 ± 1.83 b	179.81 ± 6.56 a	12.71 ± 0.85 a	9.19 ± 0.08 b	13.62 ± 1.61 a
TJ	46.12 ± 1.08 b	38.16 ± 4.87 c	109.69 ± 14.59 c	10.19 ± 2.08 a	6.13 ± 0.80 c	12.67 ± 1.80 a

注: 同列不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

化物酶活性均达到最高, 但与 CK 差异不显著($P > 0.05$)。

2.4 田间野外调查田菁地与杂草地土壤肥力差异

由表 3 可知, 种植 2 年田菁的土壤中 pH、有机质、全磷、速效磷和速效钾的含量均显著高于杂草地。田菁地中土壤有机质、速效磷和速效钾的含量分别是杂草地的 2.48、8.99 和 2.34 倍; 通过 T 检验, 二者差异均达到显著水平($P < 0.05$)。由此, 种植田菁对提

淋溶液分解增加的养分营养元素对后期植物的生长也有一定的促进作用^[12-13]。前人研究表明高养分水平的土壤对化感作用的表达有显著抑制效果^[14-16]。

TJ 处理对 3 种受体植物的生长均表现出较强的抑制作用。特别是对于受体植物稗草, 在其生育前期或成熟期, 稗草的苗高、鲜重和干重均显著低于 CK 和 TL 处理($P < 0.05$)。前人研究表明植物的化感作用是通过植株茎叶淋溶或残体腐解向周围环境释放化感物质而实现的^[17-20]。

2.2 田菁淋溶液和秸秆模拟还田对 3 种受体植物土壤中微生物数量的影响

由图 2 可知, TL 和 TJ 处理下, 受体植物三叶鬼针草、稗草和萝卜的土壤微生物数量均显著增加。TJ 处理下, 受体植物三叶鬼针草的土壤微生物(细菌、真菌和放线菌)数量显著高于 CK 处理($P < 0.05$); 而稗草的土壤细菌和放线菌数量显著高于 CK 处理($P < 0.05$); 受体萝卜土壤的细菌和真菌数量显著高于 CK 处理($P < 0.05$)。

2.3 田菁淋溶液和秸秆模拟还田对 3 种受体植物土壤中酶活性的影响

从表 2 可以看出, TL 和 TJ 处理对受体植物三叶鬼针草和萝卜土壤中过氧化物酶、蔗糖酶、脲酶和蛋白酶活性的影响皆达到显著水平($P < 0.05$)。TJ 处理下, 三叶鬼针草和萝卜土壤的多酚氧化酶活性最高, 分别比 CK 高出 17.32% 和 81.40%, 其脲酶、蔗糖酶和蛋白酶活性均显著高于 TL 和 CK 处理($P < 0.05$); 稗草土壤的多酚氧化酶和蛋白酶活性分别比 CK 增加了 13.46% 和 25%, 但与 TJ、TL 处理差异不显著($P > 0.05$)(表 2)。TL 处理下, 3 种受体植物土壤的过氧

高土壤肥力具有显著的促进作用。

3 讨论

本研究结果表明: 模拟自然条件下得到的田菁淋溶液和田菁秸秆还田对发育初期的受体植物三叶鬼针草、稗草和萝卜具有一定的抑制作用, 尤其对于稗草的抑制作用表现最强; 然而对于受体植物生长的土

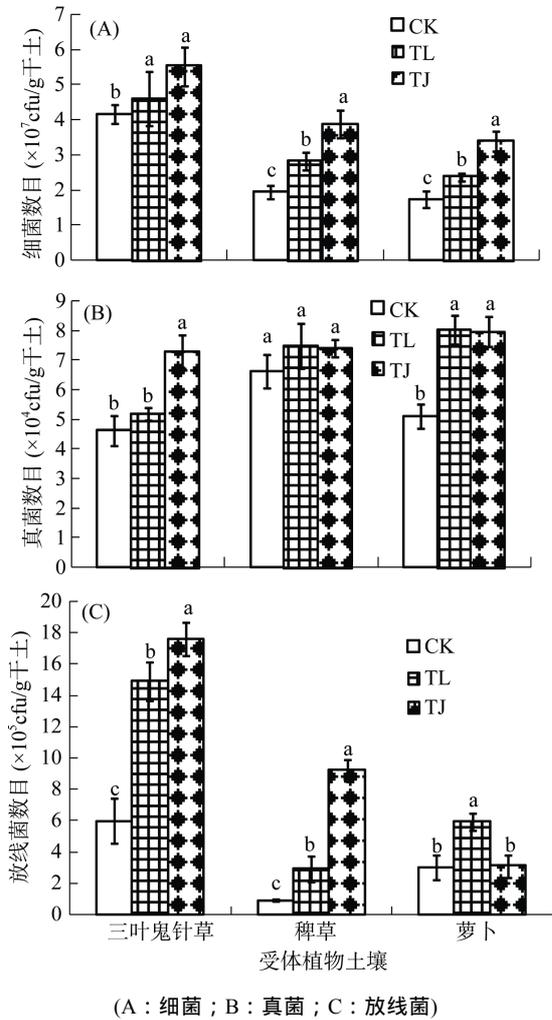


图 2 不同处理对受体植物中土壤微生物数量的影响
Fig. 2 Effects of different treatments on the soil microbial of receiver plants

壤，其土壤微生物数量和土壤酶活性显著增加。本试验揭示了具化感作用的田菁在田间防治杂草上、与化感植物共竞争中及对土壤肥力影响的效应关系。

3.1 田菁田间防治杂草生长的功能

杨惠琳^[5]田间调查表明田菁种植密度为每平方米 80 株左右(株高在 150 cm)对杂草的抑制作用显著，原因在于田菁生长势旺、种植密度合理和覆盖好等生长特性，利用其生长特性可充分达到“以草治草”的目的。从图 1 中稗草生育期的苗高及表 1 中稗草成熟期的鲜重、干重可以看出，TL 和 TJ 处理表现出较强抑草效应。另外，TJ 处理对 3 种受体植物的鲜重和干重影响效果最为显著，生物量为所有处理中最低。但秦俊豪等^[21]研究表明田菁秸秆模拟还田促进了后茬作物幼苗萝卜、黑麦草和黄瓜的生长。究其原因在于田菁秸秆添加量的一致(本试验为 100 g，其为 50 g)和不同类型的受试植物，也有可能在于还田秸秆腐解过程中释放过多的化感物质进而引发了田菁的化感作用。

3.2 田菁与化感植物共竞争的效果

国内外针对三叶鬼针草化感作用早有报道^[22-24]，本研究表明田菁淋溶液和田菁秸秆模拟还田并未对三叶鬼针草生长表现出抑制效果(图 1、表 2)，相反促进三叶鬼针草生长(TL 处理鲜重达最高 71.61 g)。Alagesabooopathi 等^[25]研究表明，田菁提取物对种子发芽和胚根发育具有抑制效应，两种具有化感作用的植物在同一生态位中并未表现出显著的竞争效果。但本研究结果表明 TJ 处理下，三叶鬼针草初期株高和

表 2 不同处理对 3 种受体植物土壤中酶活性的影响(mg/(g·24h))
Table 2 Effects of different treatments on soil enzyme activities of three receiver plants

酶活性	三叶鬼针草			稗草			萝卜		
	CK	TL	TJ	CK	TL	TJ	CK	TL	TJ
多酚氧化酶	1.48 ± 0.32 a	1.65 ± 0.12 a	1.79 ± 0.30 a	1.80 ± 0.26 a	1.40 ± 0.08 a	2.08 ± 0.43 a	1.29 ± 0.29 b	1.40 ± 0.20 b	2.67 ± 0.53 a
过氧化物酶	11.06 ± 1.00 ab	14.28 ± 1.99 a	7.67 ± 0.26 b	11.70 ± 1.36 a	11.14 ± 2.05 a	9.26 ± 1.50 a	9.57 ± 1.16 ab	10.77 ± 1.10 a	7.17 ± 0.42 b
脲酶	3.52 ± 0.09 b	2.61 ± 0.17 c	6.25 ± 0.23 a	2.76 ± 0.34 b	3.66 ± 0.06 b	5.78 ± 0.77 a	4.20 ± 0.27 b	3.83 ± 0.17 b	5.99 ± 0.26 a
蔗糖酶	44.82 ± 1.25 b	51.28 ± 4.14 b	97.23 ± 9.92 a	52.92 ± 3.98 b	49.42 ± 5.15 b	72.19 ± 2.36 a	42.38 ± 9.31 c	77.77 ± 6.05 b	97.55 ± 5.42 a
蛋白酶	0.10 ± 0.00 b	0.09 ± 0.00 b	0.18 ± 0.06 a	0.06 ± 0.01 a	0.07 ± 0.01 a	0.08 ± 0.01 a	0.08 ± 0.00 b	0.08 ± 0.01 b	0.11 ± 0.01 a

注：同行不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。

表 3 田菁地与杂草地土壤理化性质比较
Table 3 Comparison of soil properties between soils planted sesbania and weed

土壤理化性质	杂草地	田菁地	F	P
pH	5.59 ± 0.08	6.68 ± 0.05	0.593	0.000
有机质(g/kg)	9.16 ± 2.29	22.69 ± 3.63	1.467	0.034
全氮(g/kg)	0.43 ± 0.00	0.43 ± 0.00	0.204	0.743
全磷(g/kg)	0.37 ± 0.04	1.02 ± 0.12	1.543	0.007
全钾(g/kg)	13.30 ± 0.75	15.14 ± 0.24	5.063	0.078
速效磷(mg/kg)	11.38 ± 2.46	102.27 ± 7.20	2.914	0.000
速效钾(mg/kg)	62.25 ± 2.62	145.51 ± 15.76	2.909	0.006

后期鲜重、干重均低于对照 CK 处理,但差异不显著 ($P>0.05$)。由此可知,田菁秸秆(根、茎、叶)凋落物对生育前期三叶鬼针草具有一定的抑制效果,而随着生长成熟其抑制效果逐渐消除甚至起到促进作用。这与 Bonanomi 等^[26]研究结果相类似。Bonanomi 等^[26]利用根袋法将残体植株埋入 30 cm 厚土壤中腐解 10、30、90 天后,发现浸提液中释放的次生代谢物质对受体植物根长的抑制作用随着腐解时间的增加而减弱。此外,不同养分水平土壤对植物化感作用的表达有显著影响^[23-24]。Mwaja 等^[15]研究表明在高营养水平的土壤中,黑麦(*Secale cereale*)的化感作用并不增强,反而减弱。

3.3 田菁对土壤肥力的影响

前人研究表明田菁秸秆还田对提高土壤养分具有明显的促进作用,土壤有机质和全氮含量均显著增加^[20]。本研究通过田间野外调查也证实种植田菁显著提高土壤有机质、全磷、全钾、速效磷和速效钾含量(表 3)。并通过分析土壤酶活性可知,TL 处理下,过氧化物酶活性略高于 CK,而 TJ 处理下,其受体植物土壤蔗糖酶、脲酶和蛋白酶活性均显著高于 CK($P<0.05$)。关松荫^[27-28]研究认为土壤过氧化氢酶活性与土壤有机质含量呈正相关性,其活性反映土壤有机质的转化状况及有效肥力水平;土壤蔗糖酶、脲酶和蛋白酶则反映了氮素营养水平。从图 2 可知,在 TL 和 TJ 处理下,受体植物三叶鬼针草、稗草和萝卜的土壤微生物数量显著增加。土壤酶与土壤微生物共同作用于土壤系统中的物质和能量循环,并参与许多重要的生物化学反应过程^[29]。由此可知,土壤中的酶和微生物活性高低可以代表土壤中物质代谢的旺盛程度,土壤酶活性增强和土壤微生物活跃,促进了土壤的代谢作用,从而使土壤养分所处的形态发生了变化,提高了土壤的有效肥力水平^[30]。

4 结论

自然条件原位提取的田菁淋溶液和田菁秸秆(根、茎、叶)模拟还田对发育初期的受体植物三叶鬼针草、稗草和萝卜具有一定的抑制作用,尤其对于稗草的抑制作用表现最强;然而对于受体植物生长的土壤,其土壤微生物数量和土壤酶活性显著增加。因此,合理利用田菁秸秆资源不仅能抑制杂草生长,还增加了土壤酶活性和土壤微生物量,促进土壤的代谢作用,提高土壤肥力水平。

参考文献:

- [1] 杨中艺,袁剑刚,张宏达.长喙田菁 *Azorhizobium caulinodans* 共生固氮体系在华南地区的生长、结瘤、固氮和种子生产[J].应用生态学报,1998,9(3):291-295
- [2] 陈金标,洪莉,姜无忌,类庆笙.毛萼田菁和其它茎瘤固氮植物[J].亚热带植物通讯,1995,24(2):59-64
- [3] Ndoye I, Dreyfus B. N_2 fixation by *Sesbania rostrata* and *Sesbania sesban* estimated using ^{15}N and total N difference methods [J]. Soil Biology & Biochemistry, 1988, 20(2): 209-213
- [4] Pareek RP, Ladha JK, Watanabe I. Estimating N_2 fixation by *Sesbania rostrata* and *S. cannabina* (syn. *S. aculeata*) in lowland rice soil by ^{15}N dilution method[J]. Biology and Fertility of Soils, 1990, 10(2): 77-88
- [5] 杨惠琳.田菁生育特性及其利用的研究[J].南京农业大学学报,1986,12(4):16-19
- [6] Gonzalez T, Ruiz Y, Pérez R, García, Franco I, Nogueiras C. Allelopathic activity of *Sesbania rostrata* Brem. before black glume weedy (red) rice (*Oryza sativa* L.)[J]. Allelopathy Journal, 2006, 18(2): 134-137
- [7] Batish DR, Singh HP, Kohli RK, Saxena DB, Kaur S. Allelopathic effects of parthenin against two weedy species, *Avena fatua* and *Bidens pilosa*[J]. Environmental and Experimental Botany, 2002, 47(2): 149-155
- [8] 李杨汉.中国杂草志[M].北京:中国农业出版社,1998
- [9] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2008
- [10] 关松荫等编著.土壤酶及其研究方法[M].北京:农业出版社,1986
- [11] 中国科学院南京土壤所微生物室.土壤微生物研究法[M].北京:科学出版社,1985
- [12] 郑丽,冯玉龙.紫茎泽兰叶片化感作用对 10 种草本植物种子萌发和幼苗生长的影响[J].生态学报,2005,25(10): 2 783-2 787
- [13] 李艳宾,万传星,张琴,龚明福,张利莉.棉秆腐解液对棉花种子萌发及幼苗生长的影响[J].农业环境科学学报,2009,28(6): 1 258-1 262
- [14] Foy ICL, Dakshini KMM. *Pluchea lanceolata*: A noxious perennial weed[J]. Weed technology, 1998, 12(1): 190-193
- [15] Mwaja VN, Masiunas JB, Weston LA. Effects of fertility on biomass, phytotoxicity and allelochemical content of cereal rye[J]. Journal of chemical ecology, 1995, 21(1): 81-96
- [16] 徐涛,孔垂华,胡飞.胜红蓟化感作用研究:挥发油对不同营养水平下植物的化感作用[J].应用生态学报,1999,10(6): 748-750
- [17] 张学文,刘亦学,刘万学,万方浩,张惟,杨秀荣.植物化感物质及其释放途径[J].中国农学通报,2007,23(7): 295-297
- [18] Rice EL. Allelopathy. 2nd edition[M]. New York. Academic Press Inc. 1984: 130-188
- [19] Weidenhamer JD. Distinguishing resource competition and chemical interference: overcoming the methodological impasse[J]. Agronomy Journal, 1996, 88(6): 866-875

- [20] 于建光, 顾元, 常志州, 李瑞鹏. 小麦秸秆浸提液和腐解液对水稻的化感效应[J]. 土壤学报, 2013, 50(2): 350-356
- [21] 秦俊豪, 贺鸿志, 黎华寿, 顾忱, 彭阳洋, 韩萌. 芝麻、花生和田菁秸秆还田的化感效应研究[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(10): 1941-1947
- [22] 曾任森, 骆世明. 香茅、胜红蓟和三叶鬼针草植物他感作用研究[J]. 华南农业大学学报, 1993, 14(4): 8-14
- [23] Arnason T, Wat CK, Downum K, Yamamoto E, Graham E, Towers GHN. Photosensitization of *Escherichia coli* and *Saccharomyces cerevisiae* by phenylheptatriene from *Bidens pilosa*[J]. Canadian Journal of Microbiology, 1980, 26(6): 698-705
- [24] Campbell G, Lambert JDH, Arnason JT, Towers GHN. Allelopathic properties of α -terthienyl and phenylheptatriene, naturally occurring compounds from species of Asteraceae[J]. Journal of Chemical Ecology, 1982, 8(6): 961-972
- [25] Alagesabooopathi C, Deivanai M. Allelopathic potential of *Sesbania grandiflora* Pers. on germination of *Cajanus cajan* Millsp. (Redgram) varieties[J]. International Journal of Biosciences, 2011, 1(5): 51-55
- [26] Bonanomi G, Sicurezza MG, Caporaso S, Esposito A, Mazzoleni S. Phytotoxicity dynamics of decaying plant materials[J]. New Phytologist, 2006, 169(3): 571-578
- [27] 关松荫. 土壤酶与土壤肥力[J]. 土壤通报, 1980, (6) 41-44
- [28] 关松荫. 土壤酶学及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 274-276, 296-298, 310-313, 323
- [29] 吴彬, 和文龙, 叶静宜, 封雪, 沈茂华. 有机、特别与常规栽培对八种蔬菜土壤养分和酶活性的影响[J]. 土壤通报, 2012, 43(2): 456-460
- [30] 郭天财, 宋晓, 马冬云, 查菲娜, 岳艳军, 张煜, 李耀昭. 氮素营养水平对小麦根际微生物及土壤酶活性的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(3): 129-132

Allelopathic Effect of Green Manure *Sesbania* and Its Impact on Soil Fertility

QIN Jun-hao, WEN Ying, LI Jun-fei, XU Chao, HUANG Li-ying,
ZHENG Jia-kun, CAO Qiao-ying, LI Hua-shou*

(Key Laboratory of Tropical Agricultural Environment in South China, the Ministry of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: A natural in-situ extraction was conducted to study the effects of exudates and returning residue to field from sesbania (*Sesbania cannabina*) on growth of *Bidens pilosa*, *Echinochloa crusgalli*, *Raphanus sativus* and soil environment in order to evaluate the ecological effects of sesbania cultivated as green manure. The results showed that natural in-situ exudates and returning residue of sesbania inhibited plant growth, especially in *Echinochloa crusgalli*, while increasing significantly of soil microbial biomass and enzyme activities, and these positive influences were confirmed by field survey, which indicates that planting sesbania as green manure is feasible.

Key words: *Sesbania*(*Sesbania cannabina*); Allelopathy; In-situ extraction; Soil fertility