

## 施用化肥和菜籽粕对烤烟根际微生物的影响\*

陈 尧<sup>1</sup> 郑 华<sup>2</sup> 石俊雄<sup>1</sup> 黄建国<sup>2†</sup>

(1 贵州省烟草科学研究所, 贵阳 550081)

(2 西南大学资源环境学院, 重庆 400716)

EFFECTS OF CHEMICAL FERTILIZER AND RAPESEED MEAL ON  
MICROORGANISMS IN THE RHIZOSPHERE OF FLUE-CURED TOBACCO SEEDLINGSChen Yao<sup>1</sup> Zheng Hua<sup>2</sup> Shi Junxiong<sup>1</sup> Huang Jianguo<sup>2†</sup>

(1 Guizhou Tobacco Research Institute, Guiyang 5500 81, China)

(2 College of Natural Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China)

关键词 烤烟; 根际; 菜籽粕; 微生物

中图分类号 S154.38 文献标识码 A

烤烟是我国重要的经济作物, 施肥对烟叶产量、产值和香气的贡献率分别达到 39.19%、47.28% 和 24.8%, 仅次于品种<sup>[1]</sup>。在烤烟栽培过程中, 人们十分重视肥料, 尤其是菜籽粕等有机肥的施用。菜籽粕在促进烟苗生长发育、提高烤烟产量、改善烟叶品质等方面均有独特作用<sup>[2]</sup>。烤烟施用菜籽粕之后生长迅速、油份增加、香味浓郁、质量显著改善<sup>[2-3]</sup>。但有关机理尚待研究。

菜籽粕富含蛋白质和植素, 经过土壤微生物的分解作用供给作物氮磷营养。此外, 菜籽粕尚含油脂, 在土壤中经荧光细菌作用缓慢分解, 陆续产生有机酸, 如甲酸、乙酸、乳酸、丁酸等, 不利于种子发芽和幼苗生长<sup>[4]</sup>。另一方面, 菜籽粕中的抗生素和生长活性物质, 如单宁、硫甙、肌醇、氨基酸等, 对土壤微生物的生长繁殖产生不同程度地促进或抑制作用<sup>[5-6]</sup>。推测施用菜籽粕之后, 土壤微生物与肥效之间可能有比较密切的关系。根际是土壤微生物聚集区, 不仅数量大, 而且种群也异于非根际, 对改善根际土壤环境、促进物质转化、供应植物营养等方面均有重要作用<sup>[7-8]</sup>。近年来, 人们还发现根际中的促生细菌 PGPR (Plant growth-promotion rhizobacteria), 如固氮菌、磷细菌和钾细菌 (硅酸盐细

菌), 不仅能活化根际土壤养分、提高其有效性、增加养分供应, 而且还能分泌生长活性物质, 包括生长素、细胞分裂素、玉米素和赤霉素等, 调控植物生长发育<sup>[7-9]</sup>。研究施肥后烤烟根际微生物, 尤其是固氮、溶磷、解钾等促生细菌的数量变化可能有益于提高肥效, 揭示菜籽粕等有机肥促进烤烟生长发育、提高产量和改善品质方面的机理, 但有关研究报道甚少。

为此, 试验研究了施用化肥和化肥 + 菜籽粕配施之后, 不同时间烤烟根际中的自生固氮菌、磷细菌和钾细菌数量及种群特征, 探索了菜籽粕对土壤微生物生态的影响, 为科学施用菜籽粕等有机肥提供理论依据。

## 1 材料与amp;方法

## 1.1 供试材料

试验在西南大学温室中进行。供试土壤为中性紫色土, pH6.7、有机质 18.25 g kg<sup>-1</sup>、全氮 2.56 g kg<sup>-1</sup>、碱解氮 80.27 mg kg<sup>-1</sup>、有效磷 15.52 mg kg<sup>-1</sup>、速效钾 120.2 mg kg<sup>-1</sup>。种植烤烟品种为 K326, 由贵州省烟草公司遵义市公司提供; 施用“10-10-

\* 国家烟草专卖局攻关项目 (110200601014)、贵州省烟草专卖局重大攻关项目 (05-06) 资助

† 通讯作者, E-mail: Huang99@swu.edu.cn

作者简介: 陈 尧 (1964—), 男, 贵州德江人, 农艺师, 主要从事烟草栽培研究

收稿日期: 2010-07-21; 收到修改稿日期: 2010-10-17

25”烤烟专用复合肥,含硝酸铵、磷铵和硫酸钾,由贵州省遵义市大兴公司生产;菜籽粕的氮、磷、钾含量依次为 5.52%、2.03%、1.41%,购于重庆北碚。

### 1.2 试验设计

选用高度×内径=25 cm×20 cm 的塑料盆,每盆装土 2.5 kg。设置 3 种施肥处理:(1)不施肥(WF);(2)化肥(CF):每 1 kg 土壤施用 0.2 g N、0.2 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、0.5 g K<sub>2</sub>O,由“10-10-25”烤烟专用复合肥提供;(3)化肥+菜籽粕(CF+RM):N、P、K 施用量等于单施化肥的处理,其中菜籽粕提供 30% 的氮和相应的 P、K,剩余的 N、P、K 由硝酸铵、磷铵和硫酸钾分别提供。每种施肥处理种植 15 盆。肥土混合均匀后,取健壮均匀的烟苗一棵种植于长度×直径=15 cm×2.5 cm 的 100 目尼龙袋中,再将尼龙袋埋于塑料盆中央。种植期间,用称重法保持土壤水分田间最大持水量的 60%~70%。移栽后 20 d(生根期)、40 d(现蕾期)、60 d(团棵期)分别收获烟株(每个处理各 5 盆),并采集尼龙袋内根际土壤,随即进行微生物分离、计数。分离获得的微生物保存于(5±2)℃ 的冰箱中,用于形态和生理生化鉴定。

### 1.3 叶片分析

采集全部叶片,(80±2)℃ 烘干至恒重,记录叶片生物量。H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消化叶片混合样品,分别用凯氏法、钼蓝法和火焰光度法测定消化液中的 N、P、K 含量。

### 1.4 根际微生物分离与鉴定

取出尼龙袋,分离根系和土壤,用平板梯度稀释法分离培养根际土壤微生物,包括细菌(牛肉膏蛋白胨琼脂培养基)、真菌(马丁氏琼脂培养基)、放

线菌(高氏一号琼脂培养基),以及自生固氮菌(Ashby 无氮琼脂培养基)、磷细菌(磷酸钙+植酸培养基)、钾细菌(铝土矿琼脂培养基)等<sup>[10]</sup>。

通过形态和生理生化反应等对根际土壤固氮菌、磷细菌和钾细菌鉴定至属<sup>[11]</sup>,包括革兰氏和芽孢染色,好氧性测定;氧化酶、过氧化氢酶、MR 和 VP 反应;葡萄糖氧化,甘乳醇和乳糖发酵;脲素、淀粉和明胶分解;H<sub>2</sub>S 和吲哚产生,柠檬酸盐利用等。

### 1.5 群落结构特征计算

利用 Shannon-Wiener 多样性指数( $H$ )、Pielou 均匀度指数( $J$ )和 Simpson 优势度指数( $D$ )描述讨论根际微生物种群特征<sup>[12]</sup>。Shannon-Wiener 多样性指数  $H$  的计算公式为: $H = -\sum P_i \ln P_i$ ,其中  $P_i = N_i/N$ , $N_i$  为属  $i$  的单菌落数, $N$  为土样的总单菌落数。Pielou 均匀度指数  $J$  的计算公式为: $J = -\sum P_i \ln P_i / \ln S$ ,其中  $S$  为属  $i$  所在土样中属的数目。Simpson 优势度指数  $D$  的计算公式为: $D = 1 - \sum P_i^2$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 施肥对烟株叶片生长及养分含量的影响

表 1 可见,烟苗移栽后 60 d,化肥+菜籽粕配施的烟株长势最好,叶片生物量最高,单施化肥次之,不施肥最低,单株叶片生物量依次为 85.24、70.42、37.83 g 株<sup>-1</sup>。此外,施肥尤其是化肥+菜籽粕配施显著提高叶片氮、磷、钾含量。在化肥+菜籽粕配施的处理中,叶片含钾量的增幅最大,磷次之,氮最小,分别较对照增加了 18.31%、15.15%、11.68%。

表 1 移栽 60 d 烟株叶片生物量及养分含量

施肥处理	叶片生物量 (g plant <sup>-1</sup> )	养分含量(g kg <sup>-1</sup> )		
		N	P	K
不施肥	37.83 ± 2.42c	1.97 ± 0.06b	0.33 ± 0.01b	2.13 ± 0.06c
化肥	70.42 ± 4.33b	2.21 ± 0.07a	0.39 ± 0.02a	2.31 ± 0.06b
化肥+菜籽粕	85.24 ± 5.61a	2.20 ± 0.09a	0.38 ± 0.01a	2.52 ± 0.08a

注:在同一列中,不同字母表示差异显著( $p < 0.05$ ),下同

### 2.2 烤烟根际细菌、放线菌和真菌数量变化

图 1 所示,烤烟根际细菌的数量最高,变化于  $4.2 \times 10^7 \sim 84.7 \times 10^7$  cfu g<sup>-1</sup> 干土之间;放线菌次之,为  $2.4 \times 10^5 \sim 40.6 \times 10^5$  cfu g<sup>-1</sup> 干土,比细菌的数量低两个数量级;真菌最少,仅  $8.5 \times 10^3 \sim 40.5 \times 10^3$  cfu g<sup>-1</sup> 干土,较放线菌再低两个数量级。施肥显著

提高烤烟根际微生物的数量,尤其以化肥+菜籽配施处理最为显著,分别是不施肥的 5.5 倍~16 倍(细菌)、3.2 倍~4.5 倍(放线菌)和 2 倍左右(真菌)。烤烟根际微生物的数量在烤烟移栽后 40 d 和 60 d 显著高于移栽后 20 d。

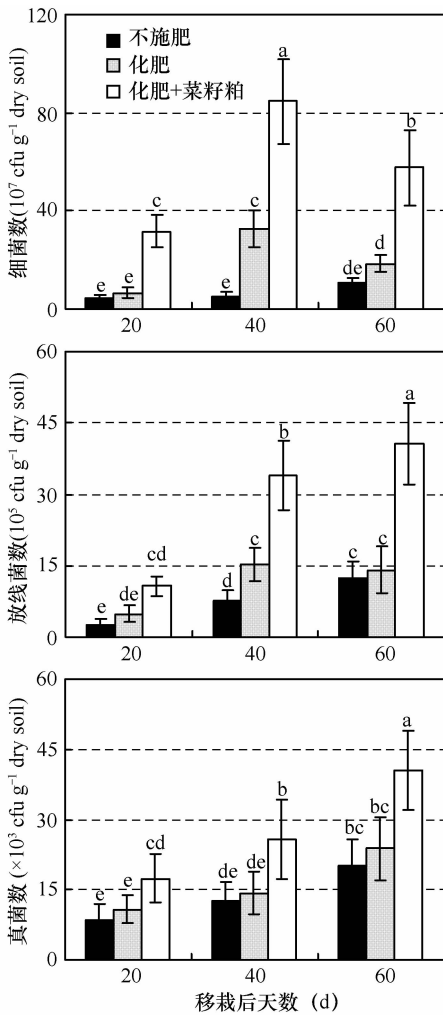


图1 施肥对烤烟根际微生物数量的影响

表2 烤烟根际中的自生固氮菌、磷细菌和钾细菌数量变化 ( $\times 10^3$  cfu  $g^{-1}$  dry soil)

施肥处理	自生固氮菌			磷细菌			钾细菌		
	20 d	40 d	60 d	20 d	40 d	60 d	20 d	40 d	60 d
不施肥	4.04 $\pm$ 1.01a	3.40 $\pm$ 1.06a	4.85 $\pm$ 2.03b	2.58 $\pm$ 0.77b	11.08 $\pm$ 2.13b	6.53 $\pm$ 2.08b	1.85 $\pm$ 0.37b	3.03 $\pm$ 0.95b	3.34 $\pm$ 0.44b
化肥	3.53 $\pm$ 0.98a	4.78 $\pm$ 1.22a	4.63 $\pm$ 2.44b	2.50 $\pm$ 0.57b	13.40 $\pm$ 2.78b	6.40 $\pm$ 2.46b	1.60 $\pm$ 0.45b	3.98 $\pm$ 1.01b	2.44 $\pm$ 0.54b
化肥 + 菜籽粕	3.35 $\pm$ 0.77a	4.49 $\pm$ 1.34a	9.80 $\pm$ 2.12a	7.90 $\pm$ 1.64a	34.60 $\pm$ 5.41a	15.10 $\pm$ 3.55a	5.98 $\pm$ 1.68a	8.59 $\pm$ 1.50a	9.29 $\pm$ 2.45a

芽孢杆菌属占 77.27%，假单胞菌属占 15.15%。其余菌属所占的比例较低。

烤烟根际自生固氮菌和磷、钾细菌的数量以化肥 + 菜籽粕配合施用最高，单施化肥的处理次之，不施肥最低。用无菌水提取土壤(水:土 = 10:1)，再稀释 100 倍，移栽后 20d、40d、60d 分离获得的菌落总数依次为 62 (不施肥)、70 (化肥)、130 (化

### 2.3 烤烟根际自生固氮菌、磷细菌和钾细菌数量变化

表 2 可见，烤烟根际自生固氮菌和磷、钾细菌变化于  $10^3 \sim 10^4$  cfu  $g^{-1}$  干土之间。在化肥 + 菜籽粕配施的处理中，烤烟根际中的自生固氮菌(移栽后 60d)和磷、钾细菌的数量均显著高于不施肥(对照)，依次是对照的 2.02 倍、2.31 倍~3.21 倍和 2.78 倍~3.23 倍。值得注意的是，在单施化肥的处理中，烤烟根际中的自生固氮菌和磷、钾细菌数量均与不施肥相似。

### 2.4 烤烟根际自生固氮菌和磷、钾细菌的属群鉴定

形态和生理生化反应鉴定表明，烤烟根际中的自生固氮菌和磷、钾细菌以杆菌为主，分别属于 12 个属(表 3)。其中，自生固氮菌有固氮菌属(*Azotobacter*)、氮单胞菌属(*Azomonas*)、芽孢杆菌属(*Bacillus*)和拜叶林克氏菌属(*Beijerinckia*)；磷细菌有黄单胞菌属(*Xanthomonas*)、产碱菌属(*Alcaligenes*)、黄杆菌属(*Flavobacterium*)、微球菌属(*Micrococcus*)、芽孢杆菌属(*Bacillus*)、假单胞菌属(*Pseudomonas*)、固氮菌属(*Azotobacter*)和分支杆菌属(*Mycobacterium*)；钾细菌有芽孢杆菌属(*Bacillus*)、假单胞菌属(*Pseudomonas*)、欧文氏菌属(*Erwinia*)和芽孢乳杆菌属(*Sporolactobacillus*)。

在鉴定的 12 个属中，分离率最高的是芽孢杆菌属。在自生固氮菌中，芽孢杆菌属占 40.91%，固氮菌属占 39.39%；在磷细菌中，芽孢杆菌属占 49.61%，假单胞菌属占 37.89%；在钾细菌中，

肥 + 菜籽粕)。

### 2.5 烤烟根际自生固氮菌和磷、钾细菌的群落特征

多样性指数  $H'$ : 烤烟根际自生固氮菌和磷、钾细菌的多样性指数不施肥处理最高(表 4)，施肥尤其是化肥 + 菜籽粕配施之后，多样性指数显著降低(钾细菌在移栽 20 d 例外，施肥对其多样性指数无显著影响)。

表 3 烤烟根际自生固氮菌和磷、钾细菌的属群鉴定

细菌类群	菌株鉴定	施肥处理			菌落总数
		不施肥	化肥	化肥 + 菜籽粕	
自生固氮菌	有固氮菌属	9	12	5	26
	单胞菌属	7	0	0	7
	芽孢杆菌属	6	5	16	27
	拜叶林克氏菌属	4	2	0	6
磷细菌	黄单胞菌属	1	1	0	2
	产碱菌属	0	0	0	0
	黄杆菌属	1	1	0	2
	微球菌属	5	2	1	8
	芽孢杆菌属	7	17	40	64
	固氮菌属	2	2	0	4
	假单胞杆菌属	7	13	29	49
	分支杆菌属	0	1	0	1
	芽孢杆菌属	9	11	31	51
钾细菌	假单胞杆菌属	1	1	8	10
	欧文氏菌属	2	2	0	4
	芽孢乳杆菌属	1	0	0	1
	菌落总数	62	70	130	262

注:表中数据为移栽后 20 d、40 d 和 60 d,分离获得的菌落总数(用 10:1 的无菌水提取土壤,再稀释 100 倍)

表 4 烤烟根际自生固氮菌和磷、钾细菌群落特征

特征值	施肥处理	自生固氮菌			磷细菌			钾细菌		
		20 d	40 d	60 d	20 d	40 d	60 d	20 d	40 d	60 d
多样性指数 $H$	不施肥	1.06	1.21	1.33	1.28	1.55	1.27	0.50	0.95	0.64
	化肥	0.56	0.96	0.90	0.50	1.59	0.88	0.56	0.45	0.56
	化肥 + 菜籽粕	0.50	0.56	0.56	0.50	0.79	0.69	0.50	0.56	0.41
均匀度指数 $J$	不施肥	0.96	0.88	0.96	0.92	0.96	0.99	0.72	0.87	0.92
	化肥	0.81	0.87	0.82	0.72	0.99	0.79	0.81	0.65	0.81
	化肥 + 菜籽粕	0.72	0.81	0.81	0.72	0.72	0.64	0.72	0.81	0.59
优势度指数 $D$	不施肥	0.14	0.17	0.17	0.14	0.25	0.24	0.14	0.11	0.10
	化肥	0.17	0.31	0.27	0.14	0.46	0.28	0.17	0.17	0.17
	化肥 + 菜籽粕	0.37	0.38	0.45	0.42	0.49	0.41	0.14	0.30	0.21

均匀度指数  $J$ :烤烟根际自生固氮菌和磷、钾细菌的均匀度指数不施肥处理最高,施肥尤其是化肥 + 菜籽粕配施之后,均匀度指数显著降低(钾细菌在移栽 20 d 例外,施用化肥的处理高于或等于不施肥和化肥 + 菜籽粕配施)。

优势度指数  $D$ :化肥 + 菜籽粕配施显著提高烤烟根际自生固氮菌和磷、钾细菌的优势度指数。但是,在单施化肥的处理中,上述 3 类微生物的优势度指数在多数时期提高,少数时期无显著变化。

烤烟根际自生固氮菌和磷、钾细菌的多样性指数与均匀度指数呈显著正相关,相关系数 0.808 ( $p \leq 0.05$ ),但多样性指数与优势度指数,优势度指数与均匀度指数均无显著相关,相关系数仅 0.052 和 -0.123。

### 3 讨论

施肥尤其是化肥 + 菜籽配施显著促进烟苗生

长,提高了烟株叶片生物量,与生产实际符合。在化肥+菜籽粕配施的处理中,叶片养分含量的增幅钾最大,磷次之,氮最小。烤烟喜好磷、钾,丰富的钾素营养对于改善卷烟的燃烧性、促进物质代谢、协调糖碱比和糖蛋白质比、提高烟叶品质有重要作用<sup>[1]</sup>。此外,适量的磷、钾营养还能促进脂肪代谢和香气物质的合成<sup>[3-5]</sup>。因此,施用菜籽粕改善了烤烟的磷、钾营养,有益于提高烟叶质量。

烤烟根际细菌最多,与前人研究结果类似<sup>[13-14]</sup>。施肥尤其是化肥+菜籽配施显著提高烤烟根际微生物(细菌、放线菌和真菌)数量,类似棉田施肥对土壤微生物的影响<sup>[15]</sup>,施用化肥向微生物提供了氮、磷营养,施用菜籽粕向微生物提供了碳、氮、磷等营养,促进其生长繁殖。值得注意的是,化肥+菜籽粕配合施肥显著提高了烤烟根际磷、钾细菌和移栽后 60 d 自生固氮菌的数量,不仅直接提供植物营养,而且还能增加烤烟氮、磷、钾营养的持续供应。自生固氮菌和磷、钾细菌均属于异养微生物,估计菜籽粕提供的碳源有益于其生长繁殖,其他有机肥对根际微生物可能也有类似作用。此外,单施化肥和化肥+菜籽粕配施的施肥量相等,前者加入土壤之后迅速释放,高浓度的氮、磷、钾抑制固氮菌和磷、钾细菌生长繁殖<sup>[7,14-15]</sup>;后者释放缓慢,则可能表现出相反作用。尽管单施化肥可以增加烤烟根际细菌、放线菌和真菌的总量,但对自生固氮菌和磷、钾细菌等有益微生物的数量无显著影响,故化学肥料仅能起到直接提供营养的作用。研究表明,根际自生固氮菌和磷、钾细菌属于根际促生细菌(PGPR),能分泌生长活性物质,如生长素、细胞分裂素、玉米素等,进而促进植物生长<sup>[7-9]</sup>。因此,无论是提供植物营养,还是促进生长发育,施用菜籽粕的效果均优于单施化肥,这可能与菜籽粕促进烤烟生长,提高烟叶油份,增加香味,改善质量等密切相关<sup>[2-3]</sup>。

据报道,烤烟根际细菌包括 14 个属,优势菌株以杆菌为主<sup>[16]</sup>。前人研究认为,假单胞杆菌和芽孢杆菌为土壤典型的发酵类型微生物<sup>[17-18]</sup>,大量存在于相对嫌气的根际环境,它们对植物根系的分泌物和脱落物反应迅速,生长繁殖很快,可从植物根际中广泛分离出来。烤烟根际中的自生固氮菌和磷、钾细菌也以杆菌为主,分别属于上述 14 个属中 12 个属,占根际微生物属群总数的 85.71%,多数属于芽孢杆菌属。说明烤烟根际中的这 3 类有益细菌在种群组成上具有很高多样性,且优势菌株与

其他根际微生物同属。生物多样性是衡量生态系统稳定和健康的—个重要指标,一般而言,生境条件越适宜,群落稳定性就大,其多样性也越高,即生物群落的多样性可以用来衡量环境的优劣<sup>[16,19]</sup>。因此,有理由认为烤烟根际的生态环境比较适宜自生固氮菌和磷、钾细菌的繁殖生长。

多样性指数指示生物群落中物种的多寡,均匀度指数反应各个物种在生物群落中的相对密度<sup>[16]</sup>。烤烟根际自生固氮菌和磷、钾细菌的多样性指数与均匀度指数呈显著正相关( $r = 0.808, p \leq 0.05$ ),表明在烤烟根际环境中,上述 3 种有益微生物的种群越多,相对密度也越大,类似现象也发生在植物和动物群落<sup>[15,19]</sup>。施肥尤其是化肥+菜籽粕配施显著降低了烤烟根际自生固氮菌和磷、钾细菌的多样性指数和均匀度指数,但提高了优势度指数,原因可能是化肥提供的氮、磷营养和菜籽粕提供的氮、磷、有机质等营养物质对土壤微生物具有选择和富集作用,适者迅速生长繁殖,反之则受到抑制,进而改变了根际微生物的种群组成。看来施肥对土壤微生物的影响是存在的,长期单施一种肥料可能改变土壤有益微生物种群生态系统,进而影响根际微生物固氮、溶磷、解钾和分泌生长活性物质。由于菜籽粕肥效好,不同菌株固氮、溶磷、解钾和分泌生长活性物质的效率不一样,推测菜籽粕对根际微生物的选择富集作用有益于淘汰不良种群,促进优良菌株的生长繁殖,在烤烟根际中形成优势。在施肥实践中,既要考虑肥料提供植物营养的作用,还要重视肥料对根际有益微生物的影响,才能有效提高肥料利用率。

## 参考文献

- [1] 王东胜,刘贯山,李章海. 烤烟栽培技术. 合肥:中国科学技术大学出版社,2002
- [2] 王岩,刘国顺. 不同种类有机肥对烤烟生长及其品质的影响. 河南农业科学,2006(2):81—84
- [3] 郭群召,吴学巧. 烟田施用菜子饼肥对土壤酶活性及烟叶质量的影响. 中国农学通报,2006,22(12):380—382
- [4] 孙羲. 植物营养与肥料. 北京:农业出版社,1988
- [5] 徐进,王玉珍,罗兰景,等. 肌醇与硝酸银对霍霍巴多芽苗增殖的促进作用简报. 中国生态农业学报,2005,13(2):77—78
- [6] 王振澜,简庆德. 植物细胞肌醇类成分之生理功能及生物活性. 台湾林业研究专讯,2004,11(6):13—15
- [7] Katarina H. Soil microbial community structure in relation to vegetation management on former agricultural land. Soil Biology and Biochemistry, 2002, 34(9):1299—1307
- [8] Gupta C, Dubey R, Maheshwari D. Plant growth enhancement

- and suppression of *Macrophomina phaseolina* causing charcoal rot of peanut by fluorescent *Pseudomonas*. *Biology and Fertility of Soils*, 2002, 35(6): 399—405
- [ 9 ] Beatriz R, Jose A, Lucas G, Agustín P, et al. Influence of an indigenous European alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn) rhizobacterium (*Bacillus pumilus*) on the growth of alder and its rhizosphere microbial community structure in two soils. *New Forests*, 2003, 25(2): 149—159
- [ 10 ] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法. 北京:科学出版社, 1985
- [ 11 ] 中国科学院微生物所翻译组, 译. 伯杰细菌鉴定手册. 第 8 版. 北京:科学出版社, 1984
- [ 12 ] Guo Z G, Wang G X, Shen Y Y, et al. Plant species diversity of grassland plant communities in permafrost regions of northern Qinghai-Tibet Plateau. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(1): 149—155
- [ 13 ] 刘训理, 王超, 吴凡. 烟草根际微生物研究. *生态学报*, 2006, 26(2): 552—557
- [ 14 ] 湛方栋, 唐远驹, 黄建国. 烤烟根际微生物群落结构及其动态变化的研究. *土壤学报*, 2007, 42(3): 488—494
- [ 15 ] 罗明, 文启凯, 陈全家, 等. 不同用量的氮磷化肥对棉田土壤微生物区系及活性的影响. *土壤通报*, 2000, 31(2): 66—69
- [ 16 ] 赵志模, 郭依泉. 群落生态学原理与方法. 重庆:重庆科技文献出版社, 1990
- [ 17 ] 葛诚. 微生物肥料生产应用基础. 北京:中国农业科技出版社, 2000
- [ 18 ] Harris P J. *Soil Condition and Plant Growth*. Longman: The Williams and Wilkins Company, 1988
- [ 19 ] 孔滨, 孙波, 郑宪清, 等. 水热条件和施肥对黑土中微生物群落代谢特征的影响. *土壤学报*, 2009, 46(1): 100—106

## 《土壤学报》征稿简则

本刊反映土壤学各分支学科的最新研究成果,主要刊登本领域具有原始创新性的学术论文,以及能反映现代土壤科学发展方向的优秀综述与评论文章,同时也刊登研究简报、重大研究项目进展和问题讨论、学术动态、重要会议及本领域重要参考书评等稿件。对于优质稿件,本刊优先发表。

本刊向国内外发行。读者对象主要为土壤学及相关学科的科技人员、高等院校师生和管理干部。

来稿要求及注意事项如下:

1. 论点明确,数据可靠,论据充分,条理清楚,文字精练。稿件的体例格式请参考近期本刊。
2. 来稿请用 A4 纸隔行单面打印。表格采用三线表,数据纵栏列出。图表数据需进行统计分析。图件、照片清晰准确。图题、图例、图注、表题、表头、表注等同时用中、英文标注,具有自明性。
3. 每篇论文应有 250 字左右的中、英文摘要,并给出中、英文关键词和论文的中图法分类号。
4. 计量单位一律按国家统一规定。氮、磷、钾除化肥养分外,一律按元素计量。外文字母和符号均需分清大小写、正斜体。公式中的外文字母、数码和数学符号等的位置高低应区别明显,并用铅笔标注。
5. 参考文献不分文种,均按在文中出现的顺序排列。文献作者三名以上者只列前三名,三名以下(含三名)者应全部列出。英文文献作者姓在前、名在后。中文文献应同时列出中、英文(先中文、后英文)。未公开发表资料可作为脚注列出。举例如下:
  - [1] 中国科学院南京土壤研究所. 中国土壤. 北京: 科学出版社, 1978: 578—580. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences. Soils of China (In Chinese). Beijing: Science Press, 1978: 578—580
  - [2] 文启孝, 张晓华, 杜娟娟, 等. 太湖地区主要土壤中的固定态铵及其有效性. 土壤学报, 1988, 25(1): 22—30. Wen Q X, Zhang X H, Du L J, et al. Fixed ammonium in soils of Taihu Lake region and its availability (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1988, 25(1): 22—30
  - [3] Hillel D. Fundamentals of soil physics. 2nd ed. New York: Academic Press, 1978: 19—66
  - [4] Ocio J A, Broodes P C, Jenkinson D S. Field incorporation of straw and its effects on soil microbial biomass and soil inorganic N. Soil Biol Biochem, 1991, 23(2): 171—176
  - [5] Whitty L D. X-ray diffraction techniques for mineral identification and mineralogical composition//Black C A. Method of soil analysis. Wisconsin, USA: Am Soc Agro, 1969: 671—698
6. 每篇论文(包括图、表、参考文献、中英文摘要等)一般不超过 6 印刷页,简报不超过 3 印刷页。
7. 各类基金资助的文稿,应加题注。通讯作者的联系地址及作者简介等可作脚注。
8. 来稿文责自负。不得一稿多投。本刊来稿初审通过后经审稿专家审查并通知作者修改的稿件,如无特殊情况须在(自通知之日起)6 周内返回本编辑部,否则作自动放弃处理。
9. 本刊印刷版由科学出版社出版,光盘版由中国学术期刊(光盘版)电子杂志社出版,网络版由中国科技信息所万方数据网络中心发布。来稿一经录用,将由以上三种版式刊载。稿酬在稿件在本刊刊登后一次付清。
10. 本刊已开通远程稿件在线处理系统,网址为 <http://pedologica.issas.ac.cn>。来稿请通过本刊远程稿件在线处理系统注册登录提交,本刊不再接受电子邮件投稿或纸质投稿。

《土壤学报》编辑委员会

通讯地址:210008 南京市北京东路 71 号 中国科学院南京土壤研究所《土壤学报》编辑部

E-mail:actapedo@issas.ac.cn; dmchen@issas.ac.cn; yguo@issas.ac.cn; zswang@issas.ac.cn; luping@issas.ac.cn