

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2026.01.007

## 微生物菌肥与有机肥配施对土壤酶活性及烟叶香气成分的影响

陈玉国<sup>1</sup>, 苗淑月<sup>1</sup>, 刘畅<sup>1</sup>, 王雨<sup>1</sup>,  
白静科<sup>1</sup>, 李小杰<sup>1</sup>, 邱睿<sup>1</sup>, 李成军<sup>1</sup>,  
杨晋燕<sup>2</sup>, 李淑君<sup>1</sup>, 苗圃<sup>3</sup>

- 河南省农业科学院烟草研究所/烟草行业黄淮烟区烟草病虫害绿色防控重点实验室, 河南 许昌 461000;
- 河南省烟草公司三门峡市公司, 河南 三门峡 472000;
- 河南省烟草公司洛阳市公司, 河南 洛阳 471000

**摘要:** 为探究微生物菌肥与有机肥配施对土壤酶活性及烟叶香气成分的影响, 本研究以常规施用无机肥为对照, 设置了不同用量沃益多菌肥与有机肥的配施处理。结果表明, 各配施处理均能显著提高土壤速效氮(1.86%~25.43%)、速效磷(13.25%~28.92%)、速效钾(5.44%~23.60%)和有机质(18.68%~34.07%)质量分数; 显著增强土壤过氧化氢酶(17.76%~37.38%)、脲酶(4.63%~14.98%)、磷酸酶(3.10%~8.48%)、蔗糖酶(17.65%~44.12%)及纤维素酶(11.63%~25.58%)活性; 同时增加了烟叶香气成分总的质量分数(0.48%~19.06%), 并有效提升了烤烟产值(6.26%~9.20%)、烟叶均价(1.29%~8.68%)及中上等烟比例(0.45%~6.82%)。其中, 增施450 kg/hm<sup>2</sup>腐熟芝麻饼肥+沃益多菌肥(3 L/hm<sup>2</sup> HYT1号+6 L/hm<sup>2</sup> HYT2号)+75 kg/hm<sup>2</sup>豆浆的处理综合表现最佳。研究结果为开发有机肥与微生物菌肥的合理配施方案提供了理论依据。

**关键词:** 微生物菌肥; 有机肥;

土壤酶活性; 烟叶香气成分

中图分类号: S572

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2026)01-0067-08

## Effects of Combined Application of Microbial Fertilizer and Organic Fertilizer on Soil Enzyme Activity and Tobacco Aroma Components

收稿日期: 2025-01-22

基金项目: 河南省烟草公司科技项目(2023410000240021); 河南省农业科学院科技创新团队(2025TD42); 中国烟草总公司重大科技项目(110202201026(LS-10))。

作者简介: 陈玉国, 副研究员, 主要从事烟草病虫害预测预报及绿色防控技术研究。

通信作者: 苗圃, 硕士, 农艺师。

CHEN Yuguo<sup>1</sup>, MIAO Shuyue<sup>1</sup>, LIU Chang<sup>1</sup>, WANG Yu<sup>1</sup>,  
BAI Jingke<sup>1</sup>, LI Xiaojie<sup>1</sup>, QIU Rui<sup>1</sup>,  
LI Chengjun<sup>1</sup>, YANG Jinyan<sup>2</sup>, LI Shujun<sup>1</sup>, MIAO Pu<sup>3</sup>

1. Key Laboratory for Green Preservation & Control of Tobacco Diseases and Pests in Growing Area, Tobacco

Research Institute of Henan Academy of Agricultural Sciences, Xuchang Henan 461000, China;

2. Sanmenxia Branch of Henan Provincial Tobacco Company, Sanmenxia Henan 472000, China;

3. Luoyang Branch of Henan Provincial Tobacco Company, Luoyang Henan 471000, China

**Abstract:** To explore the effects of the combined application of microbial fertilizer and organic fertilizer on soil enzyme activity and tobacco aroma components, this study, using conventional inorganic fertilizer application as a control, set up different treatments with varying amounts of microbial fertilizer and organic fertilizer. The results indicated that all treatments significantly increased the contents of soil available nitrogen (1.86% ~ 25.43%), available phosphorus (13.25% ~ 28.92%), available potassium (5.44% ~ 23.60%), and organic matter (18.68% ~ 34.07%). Moreover, the treatments significantly enhanced the activities of soil enzymes, including catalase (17.76% ~ 37.38%), urease (4.63% ~ 14.98%), phosphatase (3.10% ~ 8.48%), sucrase (17.65% ~ 44.12%), and cellulase (11.63% ~ 25.58%). Additionally, the treatments increased the total content of aroma components in tobacco leaves (0.48% ~ 19.06%) and effectively improved the output value (6.26% ~ 9.20%), average price (1.29% ~ 8.68%), and the proportion of medium and high grade tobacco leaves (0.45% ~ 6.82%). Among all treatments, the combination of decomposed sesame cake fertilizer (450 kg/hm<sup>2</sup>) + Woyiduo microbial fertilizer (3 L/hm<sup>2</sup> HYT1 + 6 L/hm<sup>2</sup> HYT2) + soybean milk (75 kg/hm<sup>2</sup>) demonstrated the best overall performance. These findings provide a theoretical basis for developing formulations for the combined application of organic and microbial fertilizers.

**Key words:** microbial fertilizer; organic fertilizer; soil enzyme activity; tobacco aroma components

烤烟是一种对肥料十分敏感的作物。长期单一或过量施用化肥会导致植烟土壤酸化、板结及微量元素缺乏,进而引起烟叶化学成分不协调、尼古丁质量偏高、油分及香气不足,最终导致烟叶内在品质下降。大量研究表明,我国化肥施用量已超过经济学意义上的最优水平,并造成了经济效益损失<sup>[1]</sup>。自2010年起,关于烟田施用有机肥、有机无机肥配施以及多种有机肥混施的研究逐年增多<sup>[2]</sup>。张喜峰等<sup>[3]</sup>研究发现,氮肥与腐殖酸配施可提高土壤蔗糖酶、脲酶和磷酸酶活性,改善烟叶品质并增加耕层土壤有益微生物种群数量。叶协峰等<sup>[4]</sup>发现,施用腐殖酸有机肥不仅能提高土壤速效氮、速效磷、速效钾和有机质质量分数,还能增强土壤保水能力并提高土壤孔隙度。李倩等<sup>[5]</sup>研究表明,复合微生物菌剂配施牡蛎类土壤调理剂能有效改良土壤,降低镰刀菌根腐病发生率,从而增加烤烟种植收益。

随着对绿色生态农业重视程度的加深,人们逐渐认识到烟草病虫害绿色防控的重要性,通过推广应用生态调控、生物防治、物理防治及科学用药等技术,有效降低了病虫害造成的损失<sup>[6]</sup>。微生物菌肥是经特殊工艺制成、含有活菌的生物肥料,具有提升土壤肥力、促进植物养分吸收及提高作物抗病能力等功能<sup>[7]</sup>。研究表明,微生物菌肥可通过有益微生物在烟株根系的生命活动,抑制烟草病原微生物,降低病菌侵染概率,改善植烟土壤环境,增强烟株抗病性,进而提高烟叶产量和品质<sup>[8-11]</sup>。然而,其单一施用的效果往往不及化肥和化学农药。在非烟草作物上的研究表明,微生物菌肥与有机肥配施可显著提高水稻、花生、油菜、生菜、胡萝卜、葡萄

及西瓜等的产量、品质或抗病性<sup>[12-18]</sup>。然而, 关于微生物菌肥与有机肥在烟草上配施的研究尚不多见。沃益多(HYT)生物菌肥是通过美国有机产品认证机构(Organic Materials Review Institute, OMRI)认证的高新技术产品, 内含多种高效活性有益微生物, 具有促进营养转换吸收、抑菌防病和改良土壤等功能。河南省农业科学院烟草研究所植物保护研究室团队的研究已证实, 该菌肥能缩短烟苗生育期, 促进烟苗生长及根系发育<sup>[19]</sup>, 并提高烟叶产量及抗病性<sup>[20]</sup>。基于此, 为优化沃益多生物菌肥的施用技术, 进一步探究其对烟田土壤改良及烟叶品质的影响, 本试验将沃益多生物菌肥与有机肥进行配施, 旨在明确两者配施对烟田土壤酶活性及烟叶香气成分的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验条件与供试材料

试验于河南省农业科学院烟草研究所(许昌)试验田进行。供试烟草品种为中烟 100, 由河南省烟草专卖局许昌市公司提供。沃益多菌肥(HYT1 号和 HYT2 号)由阿坤纳斯生物技术(北京)有限公司生产; 腐熟纯芝麻饼肥由洛阳天露肥业有限公司生产; 发酵豆浆粉、硫酸钾复合肥(N:P:K=15:15:15)、12%过磷酸钙和 50%硫酸钾( $K_2O \geq 50\%$ )均购自当地正规厂家。

### 1.2 试验设计

试验共设 5 个处理(表 1), 每处理 3 个重复, 共 15 个小区, 采用随机区组排列。小区烟垄行距 1.10 m, 株距 0.55 m。有机肥、硫酸钾复合肥及 12%过磷酸钙全部作基肥施用, 50%硫酸钾按基肥 70%、追肥 30%比例施用。

表 1 各处理方法施肥情况

处理方法	硫酸钾复合肥/ ( $kg \cdot hm^{-2}$ )	12%过磷酸钙/ ( $kg \cdot hm^{-2}$ )	50%硫酸钾/ ( $kg \cdot hm^{-2}$ )	腐熟芝麻饼/ ( $kg \cdot hm^{-2}$ )	HYT1 号/ ( $L \cdot hm^{-2}$ )	HYT2 号/ ( $L \cdot hm^{-2}$ )	豆浆粉/ ( $kg \cdot hm^{-2}$ )
空白对照(CK)	200.0	100.0	250.0	0.0	0.0	0.0	0
处理 1	200.0	100.0	250.0	450.0	3.0	6.0	75.0
处理 2	200.0	100.0	250.0	600.0	3.0	6.0	0
处理 3	200.0	100.0	250.0	450.0	3.0	6.0	0
处理 4	200.0	100.0	250.0	450.0	1.5	3.0	0

#### 1.2.1 HYT 活化液配制方法

处理 1、处理 2、处理 3 均按 3 L/hm<sup>2</sup> HYT1 号 + 6 L/hm<sup>2</sup> HYT2 号 + 250 L/hm<sup>2</sup> 水的比例混合, 处理 4 按 1.5 L/hm<sup>2</sup> HYT1 号 + 3 L/hm<sup>2</sup> HYT2 号 + 125 L/hm<sup>2</sup> 水的比例混合。混合液置于塑料桶内, 室温避光静置 3 d, 期间均匀搅拌 2 次, 使其发酵为生物活化液。使用时将活化液兑水稀释 20 倍(可视土壤墒情适当调整用水量), 于移栽后 40 d 进行灌根, 每株灌注 300 mL。

#### 1.2.2 豆浆制作及灌根方法

于烟苗团棵期, 将豆浆粉加适量水搅拌成浆, 再进行二次稀释, 灌根时兑水稀释至 1 500 L/hm<sup>2</sup> 用量进行灌根。

## 1.3 测定指标及方法

### 1.3.1 土壤理化性质及酶活性检测

烟叶采收结束后, 每小区采集 3 株烟根周围土壤混合均匀, 自然风干后过 80 目筛。土壤

pH值、速效氮、速效磷、速效钾及有机质质量分数均采用常规方法测定<sup>[21]</sup>。土壤酶活性参照关松荫<sup>[22]</sup>的方法测定：过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法，脲酶活性采用苯酚钠-次氯酸钠比色法，磷酸酶活性采用磷酸苯二钠比色法，蔗糖酶和纤维素酶活性均采用3,5-二硝基水杨酸比色法。

### 1.3.2 烟叶香气成分质量分数

各处理取C3F等级烟样1.5 kg，用牛皮纸包裹并外加塑料袋密封，送至河南农业大学国家烟草栽培生理生化研究基地实验室测定香气成分质量分数。

## 1.4 数据处理与统计学分析

试验数据采用Excel和DPS V9.01软件进行统计分析。利用Excel软件整理数据，采用DPS数据处理系统的Duncan新复极差法进行处理间差异显著性分析，显著性水平设为 $p < 0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 不同处理对烟田土壤理化性质的影响

由表2可知，不同肥料配比处理的土壤速效氮质量分数从高到低依次为处理1、处理2、处理3、处理4、CK；其中，处理1、处理2、处理3与CK比较差异具有统计学意义，较CK分别增加了25.43%、21.43%、12.87%。土壤速效钾质量分数从高到低依次为处理1、处理2、处理4、处理3、CK；其中，处理1和处理2质量分数明显高于其他处理，且与CK比较差异具有统计学意义，较CK分别增加了23.60%、22.25%。土壤速效磷的质量分数从高到低为处理1、处理3、处理2、处理4、CK；其中，处理1与CK比较差异具有统计学意义，较CK增加了28.92%。土壤有机质质量分数从高到低为处理1、处理2、处理3、处理4、CK；各处理与CK比较差异均存在统计学意义，较CK分别增加了34.07%、25.27%、20.88%、18.68%。不同处理间土壤pH值比较，差异无统计学意义。

表2 不同处理对烟田土壤养分的影响

处理方法	速效氮/(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )	有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	pH值
CK	41.40 ± 0.46cC	110.90 ± 8.85cA	8.30 ± 0.26bA	0.91 ± 0.07cB	7.63 ± 0.04aA
处理1	51.93 ± 0.87aA	137.07 ± 4.37aA	10.70 ± 0.75aA	1.22 ± 0.06aA	7.62 ± 0.19aA
处理2	50.27 ± 1.00bB	135.57 ± 8.07abA	9.43 ± 1.37abA	1.14 ± 0.02abA	7.78 ± 0.05aA
处理3	46.73 ± 0.97bB	116.93 ± 4.40bcA	10.53 ± 0.95abA	1.10 ± 0.05abA	7.79 ± 0.19aA
处理4	42.17 ± 1.00cC	117.90 ± 9.68abcA	9.40 ± 0.26abA	1.08 ± 0.04bAB	7.68 ± 0.16aA

注：小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义( $p < 0.05$ )。

### 2.2 不同处理对烟田土壤酶活性的影响

由表3可知，不同处理的土壤过氧化氢酶活性表现为处理1 > 处理2 > 处理3 > 处理4 > CK；其中，处理1与CK之间比较差异具有统计学意义，与CK相比，处理1、处理2、处理3、处理4分别增加了37.38%、24.30%、23.36%、17.76%。脲酶活性表现为处理1 > 处理2 > 处理3 > 处理4 > CK；其中，处理1与处理3、处理4、CK比较，差异均具有统计学意义；处理1、处理2、处理3、处理4较CK分别增加了14.98%、7.79%、5.08%、4.63%。蔗糖酶活性表现为处理1 > 处理2 > 处理3 > 处理4 > CK；其中，处理1、处理2与CK比较差异具有统计学意义，

分别比 CK 增加了 44.12%、34.71%。磷酸酶活性表现为处理 1 > 处理 2 > 处理 4 > 处理 3 > CK; 处理 1 与 CK 比较差异具有统计学意义, 较 CK 增加了 8.48%; 处理 2、处理 3、处理 4 与 CK 之间差异不具有统计学意义。纤维素酶活性表现为处理 1 > 处理 2 > 处理 3 > 处理 4 > CK。处理 1、处理 2 和处理 3 与 CK 比较差异具有统计学意义, 分别比 CK 增加了 25.58%、18.60%、16.28%。

表 3 不同处理对烟田土壤酶活性的影响

处理方法	过氧化氢酶/ (0.1 mol·L <sup>-1</sup> KMnO <sub>4</sub> mL·g <sup>-1</sup> )	脲酶/ (μg·g <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	蔗糖酶/(mg ·g <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	磷酸酶/ (μg·g <sup>-1</sup> )	纤维素酶/(mg ·g <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )
CK	1.07±0.12bB	19.89±0.14bB	1.70±0.16cB	14.85±0.42bA	0.43±0.02bB
处理 1	1.47±0.16aA	22.87±0.57aA	2.45±0.13aA	16.11±0.21aA	0.54±0.04aA
处理 2	1.33±0.07abAB	21.44±0.59abAB	2.29±0.26abA	15.77±0.47abA	0.51±0.01aA
处理 3	1.32±0.10abAB	20.90±0.68bAB	2.09±0.11abcAB	15.31±0.59abA	0.50±0.02aAB
处理 4	1.26±0.10abAB	20.81±0.72bB	2.00±0.12bcAB	15.38±0.41abA	0.48±0.01abAB

注: 表中小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义( $p < 0.05$ )。

### 2.3 不同处理对烤烟香气成分质量分数的影响

由表 4 可知, 除新植二烯外质量分数总和及所有香气成分质量分数总和均表现为处理 1 > 处理 2 > 处理 3 > 处理 4 > CK; 其中, 除新植二烯外的致香物质总质量分数, 处理 1、处理 2、处理 3、处理 4 分别比 CK 增加了 27.23%、16.84%、11.87%、6.88%; 所有香气成分质量分数总和, 处理 1、处理 2、处理 3、处理 4 分别比 CK 增加 19.06%、16.46%、6.76%、0.48%。各处理美拉德反应产物质量分数总和表现为处理 4 > 处理 1 > CK > 处理 3 > 处理 2, 处理 1、处理 4 分别比 CK 增加了 3.23%、4.43%。类胡萝卜素降解产物质量分数总和表现为处理 1 > 处理 2 > 处理 4 > CK > 处理 3, 处理 1、处理 2、处理 4 分别比 CK 增加了 22.94%、12.28%、2.47%。西柏烷类物质的质量分数表现为处理 3 > 处理 1 > 处理 2 > 处理 4 > CK, 处理 1、处理 2、处理 3、处理 4 分别比 CK 增加了 52.77%、42.01%、59.45%、22.06%。新植二烯质量分数表现为处理 1 > 处理 2 > 处理 3 > CK > 处理 4, 处理 1、处理 2、处理 3 分别比 CK 增加 17.98%、16.41%、6.09%。

### 2.4 不同处理对烤烟产量和质量的影响

由表 5 可知, 处理 1、处理 3、处理 4 的烟叶产量均高于 CK, 但差异无统计学意义; 处理 2 的产量则低于 CK。与 CK 相比, 所有处理的产值均有所提高, 且与 CK 之间比较差异具有统计学意义; 处理 1、处理 2、处理 3、处理 4 较 CK 的产值分别增加了 6.26%、8.50%、6.81%、9.20%。所有处理的烟叶均价较 CK 也均有所提高, 且差异具有统计学意义; 处理 1、处理 2、处理 3、处理 4 的烟叶均价较 CK 分别增加了 1.29%、8.68%、2.57%、6.27%。与 CK 相比, 所有处理均能不同程度提高上等烟和中等烟比例。上等烟比例以处理 4 提高最明显, 较 CK 增加了 6.82%, 其次为处理 2、处理 3、处理 1, 较 CK 分别增加了 6.03%、4.80%、4.60%, 且均具有统计学意义差异。中等烟比例以处理 3、处理 2 提高最明显, 较 CK 增加了 2.08%、1.94%, 其次为处理 4、处理 1, 较 CK 分别增加了 1.58%、0.45%; 其中处理 3、处理 2、处理 4 与 CK 比较差异具有统计学意义。

表4 不同处理对烟叶香气成分质量分数的影响

致香物质	处理方法					μg/g
	CK	处理1	处理2	处理3	处理4	
美拉德反应产物	糠醛	10.28	10.40	9.81	9.90	10.62
	糠醇	0.35	0.60	0.29	0.65	0.53
	2-乙酰基呋喃	0.20	0.18	0.22	0.18	0.17
	总和	10.83	11.18	10.31	10.73	11.31
	3,4-二甲基-2,5-呋喃二酮	1.25	1.26	1.32	1.30	1.42
	芳樟醇	0.71	0.91	0.84	0.71	0.87
	β-大马酮	25.58	25.94	23.67	28.09	27.46
	β-二氢大马酮	8.78	12.26	10.12	6.90	8.42
	香叶基丙酮	2.25	2.62	2.54	2.76	3.09
	二氢猕猴桃内酯	0.50	0.49	0.33	0.50	0.49
类胡萝卜素降解产物	巨豆三烯酮1	1.88	2.54	2.62	1.57	1.96
	巨豆三烯酮2	8.86	13.41	12.80	7.55	8.91
	巨豆三烯酮3	1.44	1.11	1.15	1.54	1.12
	3-羟基-β-二氢大马酮	2.08	2.84	2.67	1.75	2.05
	巨豆三烯酮4	11.56	15.77	15.48	10.66	11.09
	6-甲基-5-庚烯-2-酮	0.10	0.18	0.22	0.22	0.29
	6-甲基-5-庚烯-2-醇	0.89	2.31	0.80	0.79	0.76
	俞创木酚	1.30	1.72	1.47	1.66	1.45
	氧化异佛尔酮	0.15	0.23	0.14	0.17	0.14
	2,6-壬二烯醛	0.32	0.57	0.43	0.41	0.45
西柏烷类	藏花醛	0.21	0.51	0.19	0.18	0.18
	螺岩兰草酮	1.46	0.53	1.04	1.80	0.87
	总和	69.32	85.22	77.83	68.54	71.03
	茄酮	21.85	33.38	31.03	34.84	26.67
	新植二烯	774.56	913.84	901.69	821.74	771.74
	除新植二烯外质量分数总和	102.00	129.77	119.18	114.11	109.02
	所有香气成分质量分数总和	876.56	1043.61	1020.87	935.85	880.75

表5 不同处理对烟叶产量和质量的影响

处理方法	产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	产值/ (元·hm <sup>-2</sup> )	均价/ (元·kg <sup>-1</sup> )	上等烟比例/%	中等烟比例/%
CK	2 604.30aA	81 008.85bB	31.10cC	33.04cB	39.08cB
处理1	2 732.70aA	86 076.45aA	31.50bB	37.64bA	39.53bcAB
处理2	2 600.60aA	87 895.20aA	33.80aA	39.07abA	41.02aAB
处理3	2 712.00aA	86 523.45aA	31.90aAB	37.84bA	41.16aA
处理4	2 676.30aA	88 461.00aA	33.05aA	39.86aA	40.66abAB

注：表中小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义( $p < 0.05$ )。

### 3 讨论与结论

在常规施肥的基础上, 试验结果表明, 处理1(增施 450 kg/hm<sup>2</sup> 腐熟芝麻饼肥+3 L/hm<sup>2</sup> HYT1号+6 L/hm<sup>2</sup> HYT2号+75 kg/hm<sup>2</sup> 豆浆粉)对提升烟田土壤速效氮、速效钾、速效磷及有机质质量分数的效果最为显著, 且4个试验处理的结果均优于空白对照。同时, 该处理对提高烟田土壤过氧化氢酶、脲酶、蔗糖酶、磷酸酶以及纤维素酶活性的作用也最为显著, 各处

理效果均优于 CK。此外,处理 1 对增加烟叶致香物质总量的效果最显著,各处理结果亦均优于 CK。在不同处理对烟叶产质量的影响方面,处理 1 的产量最高,处理 4 的产值最高且上等烟比例提升幅度最大,处理 2 的烟叶均价最高,处理 3 的中等烟比例提升幅度最大;产值、均价及中上等烟比例的试验结果显示,各处理组均优于空白对照。

综上所述,各试验处理组的总体表现均优于空白对照。这 4 个处理均在常规施肥的基础上增施了腐熟芝麻饼肥和沃益多菌肥。既往研究表明,施用混合有机肥能明显提高烤烟根系土壤养分质量分数、酶活性及烟叶各类致香物质总质量分数<sup>[23-26]</sup>。本试验将有机肥与微生物菌肥结合施用,丰富了作物根际生物的多样性,促进了土壤微生物的大量繁殖,从而调节土壤养分的积累与循环,改善土壤微生态环境,其中处理 1 的综合表现最佳。相较于其他 3 个试验处理,处理 1 额外添加了豆浆粉。近年来,烤烟豆浆灌根技术已成为三门峡烟区的一项常规农艺措施<sup>[27]</sup>。有研究表明,豆浆灌根不仅能提高烟叶香气物质的总量和质量<sup>[28]</sup>,且常规施肥配合生物炭及豆浆灌根还可以提高土壤有机质、全氮、有效磷和速效钾质量分数<sup>[29]</sup>。豆浆富含植物蛋白等多种营养元素,可增强微生物活性,提高土壤肥力。处理 1 在常规施肥的基础上增施腐熟芝麻饼肥、沃益多菌肥和豆浆,将有机肥、微生物菌肥与无机肥结合施用,充分发挥了各类肥料的优点,实现了养分供应与土壤改良的有机结合。这有利于提高肥料利用率,改善土壤环境,进而提升产量和品质,这可能是其相较于另外 3 个试验处理表现更好的原因。

试验结果表明,有机肥与微生物菌肥 HYT 配施不仅可以显著增加土壤速效氮、速效磷、速效钾和有机质的质量分数,显著提高土壤过氧化氢酶、脲酶、磷酸酶、蔗糖酶以及纤维素酶的活性,增加烟叶香气物质总质量分数,还能有效提高产值、烟叶均价及中上等烟比例,且上等烟比例最高增幅可达 6.82%。其中,增施 450 kg/hm<sup>2</sup> 腐熟芝麻饼肥+沃益多菌肥(3 L/hm<sup>2</sup> HYT1 号+6 L/hm<sup>2</sup> HYT2 号)+75 kg/hm<sup>2</sup> 豆浆的试验处理总体表现最好。本研究揭示了有机肥与微生物菌肥配施对土壤环境和烟叶品质的显著提升作用,为开发相关有机肥与微生物菌肥配施配方、制定配套施肥技术规程、减少化肥农药依赖及改善土壤健康提供了新思路,也为提升烟叶品质、实现更高的经济效益提供了理论依据与实践参考。

#### 参考文献:

- [1] 李汉美,吴东涛.不同比例腐熟蚕豆秸秆替代化肥对稻田土壤性质及产量的影响[J].浙江农业科学,2024,65(9):2033-2036.
- [2] 曹志洪.优质烤烟生产的土壤与施肥[M].南京:江苏科学技术出版社,1991.
- [3] 张喜峰,张立新,高梅,等.不同氮肥形态和腐殖酸对陕西典型生态区烤烟化学成分和产质量的影响[J].草业学报,2013,22(6):60-67.
- [4] 叶协锋,凌爱芬,刘清华,等.腐殖酸对植烟土壤理化性状影响的研究[J].中国农业科技导报,2010,12(6):120-125.
- [5] 李倩,陈晨,蔡世飞,等.牡蛎类土壤调理剂配施复合微生物菌剂对烤烟产量及土壤改良效果的影响[J].植物医学,2022,1(5):71-78.
- [6] 邱睿,王海涛,李成军,等.烟草病虫害绿色防控技术研究进展[J].河南农业科学,2016,45(11):8-13.
- [7] 左业华,雷庭,吴峰,等.微生物菌肥在烟草上的使用效果[J].安徽农业科学,2018,46(24):111-113,116.
- [8] 夏振远,李云华,杨树军.微生物菌肥对烤烟生产效应的研究[J].中国烟草科学,2002,23(3):28-30.
- [9] 刘展展,宋洪昌,徐钟晨,等.增施微生物菌肥对烤烟产量和质量的影响[J].浙江农业科学,2018,59(8):1357-1359,1364.

- [10] 李茜, 苏国权, 危月辉, 等. 增施微生物菌肥对烤烟生长发育及烟叶品质的影响 [J]. 江苏农业科学, 2021, 49(19): 123-129.
- [11] 韦建玉, 王政, 黄崇峻, 等. 增施微生物菌肥对植烟土壤理化性质及微生物量的影响 [J]. 贵州农业科学, 2018, 46(11): 57-61.
- [12] 王成瑗, 张文香, 赵磊, 等. 有机肥生物菌肥对水稻产量及产量性状的影响 [J]. 中国农学通报, 2004, 20(6): 202-204, 308.
- [13] 李显歌, 郭森, 王传凯. 有机肥+菌肥对花生连作生产障碍的治理研究 [J]. 河南农业, 2018(36): 43-45.
- [14] 张从德, 游秋香, 陈新平, 等. 新型生物有机菌肥抑制油菜菌核病效果试验 [J]. 基层农技推广, 2019, 7(7): 33-36.
- [15] 李荣喜, 黄敏, 张妃龙, 等. 有机肥与微生物菌肥混合使用对生菜产量与品质的影响 [J]. 广东蚕业, 2018, 52(3): 13-14.
- [16] 高喜叶, 刘明升. 生物菌肥和有机肥配施对胡萝卜生长的影响 [J]. 安徽农业科学, 2017, 45(35): 39-41.
- [17] 李鹏程, 苏学德, 王晶晶, 等. 腐植酸肥与菌肥配施对果园土壤性质及葡萄产量、品质的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2018(1): 121-126.
- [18] 吴绍军, 王夏雯, 余翔, 等. 有机肥与生物菌肥对西瓜幼苗生长及根际基质微生物的影响 [J]. 贵州农业科学, 2016, 44(7): 61-64.
- [19] 李淑君, 陈玉国, 王海涛, 等. 沃益多生物菌肥对烤烟漂浮烟苗生长的影响 [J]. 安徽农业科学, 2014, 42(7): 1965-1966.
- [20] 陈玉国, 王海涛, 李小杰, 等. 沃益多微生物菌肥对烤烟生长发育和抗病性的影响 [J]. 中国烟草科学, 2015, 36(3): 63-67.
- [21] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2000.
- [22] 关松荫. 土壤酶及其研究法 [M]. 北京: 农业出版社, 1986: 243-323.
- [23] 李艳平, 刘国顺, 丁松爽, 等. 混合有机肥用量对烤烟根系活力及根际土壤生物特性的影响 [J]. 中国烟草科学, 2016, 37(1): 32-36, 44.
- [24] 施娴, 刘艳红, 王田涛, 等. 有机肥与烟草专用肥配施对植烟土壤微生物和土壤酶活性的动态变化 [J]. 土壤通报, 2017, 48(5): 1126-1131.
- [25] 李艳平, 刘国顺, 丁松爽, 等. 混合有机肥用量对烤烟石油醚提取物和中性致香物质的影响 [J]. 江西农业学报, 2016, 28(3): 11-15.
- [26] 夏东旭. 增施不同肥料对植烟土壤特性和烤烟品质的影响 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2012.
- [27] 戴华鑫, 杨军杰, 刘文涛, 等. 豆浆灌根对土壤生物化学性状及烤烟质量的影响 [J]. 中国烟草科学, 2018, 39(5): 64-70.
- [28] 韦凤杰, 张国显, 王海涛, 等. 豆浆灌根对豫西烤烟香气含量和评吸质量影响研究初报 [J]. 中国烟草科学, 2008, 29(3): 48-52.
- [29] 邱岭军, 张翔, 徐敏, 等. 生物炭与豆浆灌根对植烟土壤与烟叶产质量的影响 [J]. 贵州农业科学, 2021, 49(6): 19-26.

责任编辑 苏荣艳