

张 强,杨再军,卜亚艇,等. 腐殖酸钾配施生物菌肥对烤烟根系生长及上部叶产质量的影响[J]. 江苏农业科学,2025,53(1):66-72.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.01.010

腐殖酸钾配施生物菌肥对烤烟根系生长 及上部叶产质量的影响

张 强¹, 杨再军¹, 卜亚艇¹, 韩博文², 鲁冠麟², 张文军³, 张庆富³, 杨 柳³, 徐世晓¹

(1. 河南农业大学烟草学院, 河南郑州 450000; 2. 贵州省烟草公司铜仁市公司, 贵州铜仁 554300;

3. 湖南省烟草公司长沙市公司, 湖南长沙 410000)

摘要:为探究腐殖酸钾配施生物菌肥对烤烟根系生长能力和上部叶产质量的影响,以云烟 87 为试验品种,采用随机区组设计,以当地常规施肥为对照(CK),移栽后 15 d 使用腐殖酸钾 45 kg/hm² 分别配施 7 kg/hm² 酶解鱼蛋白(T1)、15 kg/hm² 枯草哈茨木霉菌(T2)、45 kg/hm² 海藻 EM 活菌(T3)、112.5 kg/hm² 海藻甲壳素精钾(T4),共设置 5 个处理,探究各处理对根际土壤基本理化性质和烟株根系生长发育以及上部叶产质量的影响。结果表明,相比常规施肥,腐殖酸钾配施生物菌肥均有利于改善烟株土壤环境,影响氮代谢酶活性和促进烟株根系生长,同时提高烟叶的干物质积累量和烤后烟的产质量,对烟叶生长发育具有明显的促进作用。各项数据表现出腐殖酸钾配施枯草哈茨木霉菌相较于其他处理对根系生长发育的促进效果最优,其产值、产量和上等烟比例相比对照分别提高 21.87%、12.79%、19.29%;并显著提高上部叶的外观质量和感官质量,其香气量更加丰富,协调性更好,具有一定的推广价值。

关键词:烤烟;腐殖酸钾;生物菌肥;根系;生长指标;上部叶;产质量

中图分类号:S572.06 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)01-0066-07

目前,我国部分烟区存在上部叶工业可用性较低的问题,而导致这一问题的主要原因是上部叶品质较差。烤烟的生长发育离不开适宜的土壤环境,在烤烟田间生产环节过程中,施肥是生产者调控

烤烟生长的主要管理措施^[1],同时也是提高土壤肥力的主要方式,而根系是烟株不可或缺的重要器官,根系通过吸收土壤当中的水分和营养成分以确保烟株的正常生长发育,进而影响烟叶的产质量^[2]。促进根系生长对移栽后烟苗生长发育具有重要作用^[3],有利于烟苗存活,同时还能促使烟苗更快进入团棵期,进而影响烟株地上部分烟叶产质量^[4-5]。烤烟移栽后,合理施加促进根系生长的肥料能有效提升烟株快速适应环境的能力^[6-7],同时对烟叶的生长发育也有重要影响^[8]。氮代谢是烟株根系生长发育中重要的代谢途径之一^[9],主要在

收稿日期:2024-02-26

基金项目:贵州省烟草公司铜仁市公司项目(编号:QB/JL-TRYC-36-002);湖南省烟草公司长沙市公司项目(编号:21-23A04)。

作者简介:张 强(2000—),男,安徽滁州人,硕士研究生,主要从事烟草遗传育种研究。E-mail:zhangqiang000510@163.com。

通信作者:徐世晓,博士,副教授,主要从事烟草遗传育种研究。E-mail:xushixiao@henau.edu.cn。

[25]刘媛媛,林 远,刘晓飞,等. 密度与棉太金化控对小麦后直播棉成铃及相关生理活性的影响[J]. 棉花学报,2020,32(6):552-560.

[26]谢章书,廖良秀,李 侃,等. 种子球化处理、播种密度和播期对直播棉生理特性及生长发育的影响[J]. 江苏农业学报,2023,39(6):1312-1322.

[27]翟梦华,周志刚,孙明辉,等. 种植模式与缩节胺对重播棉花株型及产量的影响[J]. 新疆农业科学,2023,60(10):2361-2370.

[28]吴雪琴,赵 强,田立文,等. 3 种打(封)顶方式对南疆棉花株型及干物质积累的影响[J]. 西北农业学报,2021,30(12):1797-1803.

[29]马宗斌,李伶俐,谢德意,等. 施肥与缩节胺配合对麦后直播夏棉光合特性及产量的影响[J]. 中国生态农业学报,2006,14(4):94-97.

[30]刘 帅,吴 洁,孙巨龙,等. 缩节胺与整枝打顶互作对长江流域直播棉花冠层光能分布、产量和品质的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(4):58-62.

[31]张 特,李广维,李可心,等. 滴施缩节胺对棉花生长发育及产量的影响[J]. 作物杂志,2022(4):124-131.

[32]戚 丰,路战远,张建中,等. 缩节胺不同化控方式对棉花产量和纤维品质的影响[C]//中国农学会棉花分会. 中国农学会棉花分会 2017 年年会暨第九次会员代表大会论文汇编. 安阳:中国棉花杂志社,2017:3.

吸收土壤中氮素方面发挥作用^[10],提高氮代谢相关酶活能促进烟叶烟株的生长发育,还能提高烟叶品质。土壤钾素与烟株的生长发育、抗旱抗病性以及烟叶燃烧性、香吃味等密切相关,烤烟烟叶钾含量是评价烟叶品质的重要指标之一^[11]。腐殖酸钾肥是以具有特殊功能的腐殖酸为原料制成的高分子有机钾肥^[12]。在土壤中,适宜的钾素含量有利于提高经济作物的产量^[13]。刘茜等认为,增加腐殖酸钾的施用量,烤后烟的钾含量会随之增长,同时烟碱含量会降低,烟叶的协调性会更好^[14]。牛莉莉等研究发现,施加腐殖酸钾对上部叶产质量具有一定的促进作用^[15]。生物菌肥含有活性微生物且富含营养物质^[16],主要作用在于改良土壤、激发土壤活力以及增加植物抗逆性^[17]。酶解鱼蛋白是利用低温酶解技术,以海洋生物为原料的高蛋白复合肥料,其中含有的有效活菌对烟株根系的生长具有一定的促进作用。枯草哈茨木霉菌主要可以促进植物根系生长发育,改善土壤环境。海藻 EM 活菌是一种有益混合菌,可以减少植物细菌和真菌病害,有利于改善土壤和植物生根壮苗。施用海藻甲壳素精钾有利于促进根系细胞的分生,使毛细根快速增多,显著提高作物的免疫力,克服重茬和盐碱障碍,提高作物抗重差和抗盐碱能力,有效抵抗改善作物根系生长微环境,保护根系。目前生物菌肥在作物抗病害方面的研究较多^[18],但在烤烟品质提升上的研究鲜有报道。本研究通过在大田生产阶段使用腐殖酸钾配施不同生物菌肥,探究不同处理对烟株根系生长以及上部叶产质量的影响,以期为进一步提升上部叶的质量及工业可用性提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2022 年在湖南省长沙市宁乡大屯营镇进行,供试材料是当地主栽品种云烟 87,植烟土壤类型为弱酸性红土,土壤肥力中等,光照和排灌条件良好。

供试肥料为结晶腐殖酸钾(腐殖酸 $\geq 60\%$ 、氧化钾 $\geq 12\%$ 、pH 值为 8~10),购置于山东绿陇生物科技有限公司;酶解鱼蛋白(有效活菌数 ≥ 5.0 亿个/mL),购置于山东建顺化工有限公司;微生物菌剂(枯草哈茨木霉菌)(有效活菌数 ≥ 10 亿个/g),购置于潍坊福锴农业科技有限公司;海藻有效微生物菌群 EM 活菌(有效活菌数 ≥ 2 亿个/mL),购置于山东延

昌生物科技有限公司;海藻甲壳素精钾(有效活菌数 ≥ 2 亿个/g),购置于山东木十鱼石生物科技有限公司。

1.2 试验设计

各处理(表 1)施用方法为兑水稀释灌根,稀释比例参照不同肥料使用说明进行。试验使用随机区组设计,进行 3 次重复,田间四周设置 3 行保护行,行株距为 1.2 m \times 0.5 m。除试验因素外,其他生产措施均按照当地优质烤烟生产技术进行。

表 1 试验设置 5 个处理

处理	施用方法
CK	当地常规施肥
T1	移栽后 15 d 腐殖酸钾(45 kg/hm ²) + 酶解鱼蛋白(75 kg/hm ²)
T2	移栽后 15 d 腐殖酸钾(45 kg/hm ²) + 枯草哈茨木霉菌(15 kg/hm ²)
T3	移栽后 15 d 腐殖酸钾(45 kg/hm ²) + 海藻 EM 活菌(45 kg/hm ²)
T4	移栽后 15 d 腐殖酸钾(45 kg/hm ²) + 海藻甲壳素精钾(112.5 kg/hm ²)

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤基本理化性状 移栽后 25 d,采用五点取样法,对每个处理采集 0~20 cm 土层的根系土壤,自然风干,过 0.15、1.00 mm 筛后检测 pH 值、速效钾含量、碱解氮含量、有效磷含量、有效锌含量、有机质含量等土壤指标^[19]。

1.3.2 烟草农艺性状以及干物质积累量 每个处理在圆顶期选用 10 株长势均匀且具有一定代表性的烟株,采用 YC/T 142—2010《烟草农艺性状调查测量方法》进行测量;各处理选取 3 株长势相同的烟株,洗净后,105 ℃杀青 30 min,80 ℃烘干后分别测定其干物质积累量。

1.3.3 烟株根系体积、根系干重、根系活力 移栽后 45 d 选用 5 株长势均匀且具有一定代表性的烟株,挖出取根洗净,利用排水法测量烟株根系体积,烘干后称量干重,根系活力按照氯化三苯基四氮唑(TTC)法^[20]测定。

1.3.4 烟株根系氮代谢相关酶活 取挖出的烟株根系须根 3 g,洗净并用滤纸吸干,消毒后经液氮速冻,放入 -80 ℃超低温冰箱。使用对应的北京索莱宝科技有限公司生产的试剂盒测定亚硝酸还原酶(NiR)、硝酸还原酶(NR)、谷氨酰胺合成酶(GS)、谷氨酸脱氢酶(GDH)的活性。

1.3.5 烤后烟上部叶经济性状 各处理的上部烟叶成熟后挂牌采收,单采单烤,烤后上部叶严格参照 GB 2635—1992《烤烟》国家 42 级标准进行分级,根据 2022 年烟叶收购价格计算各处理的中上等烟

比例、上等烟及均价、产量和产值。

1.3.6 烤后烟上部叶品质分析 各处理选取烤后上部叶(等级为 B2F)各 2 kg 进行品质分析,分别参照《烟草植物碱连续流动测定法》(YC/T 468—2013)、《烟草总氮连续流动测定法》(YC/T 161—2002)、《烟草 水溶性糖连续流动测定法》(YC/T 159—2002)等测定常规化学成分,邀请专家进行感官质量评价和外观质量评价,赋分范围见表 2、表 3。

表 2 外观质量各项指标所占权重

指标	评分	权重
颜色	0~10	0.10
成熟度	3~10	0.15
叶片结构	0~10	0.20
身份	0~10	0.20
油分	0~10	0.10
色度	0~10	0.10
叶面组织	0~10	0.05
柔韧性	0~10	0.05
光泽度	0~10	0.05

注:外观质量评价总分 = Σ (各指标评分 \times 权重)。

1.4 数据的整理与分析

采用 Excel 2006 软件整理相关数据,采用 SPSS 22.0 进行数据统计分析,采用 Duncan's 新复极差法比较各处理之间各项指标的差异。

表 3 感官质量评价分值范围

指标	评分
香气质	4~20
香气量	4~18
透发性	1~6
杂气	2~8
细腻度	1~6
柔和度	1~6
圆润感	2~8
刺激性	2~10
干燥感	2~8
余味	2~10
总分	21~100

注:感官质量评价总分 = Σ 各指标得分。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤基本理化性质的影响

由表 4 可知,不同处理对烟株根际土壤理化性质具有不同程度的影响,其中 T1 处理土壤 pH 值较 CK 无显著差异,其余处理较 CK 均差异显著;T2 与 T3 处理的有机质含量显著高于 CK;各试验处理的碱解氮含量与速效钾含量均显著高于 CK;T2、T3 处理的有效磷含量显著高于 CK;各处理有效锌含量无显著差异。尽管各处理的土壤理化性质改善不一致,但综合而言,T2 处理的土壤理化性质更适宜烟株的生长发育。

表 4 不同处理对土壤理化性质的影响

处理	pH 值	有机质含量 (g/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	有效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	有效锌含量 (mg/kg)
CK	5.78 \pm 0.07c	43.60 \pm 0.59c	164.25 \pm 1.05d	30.92 \pm 0.73b	169.25 \pm 1.07c	2.84 \pm 0.05a
T1	5.92 \pm 0.05bc	45.25 \pm 0.08bc	172.65 \pm 1.07b	32.54 \pm 0.65ab	173.65 \pm 1.15a	2.95 \pm 0.06a
T2	6.23 \pm 0.05a	48.71 \pm 0.54a	183.24 \pm 1.21a	34.25 \pm 1.17a	180.32 \pm 1.15a	2.93 \pm 0.06a
T3	6.05 \pm 0.07ab	46.81 \pm 0.56b	169.26 \pm 1.08c	33.48 \pm 0.68a	180.69 \pm 0.57a	2.94 \pm 0.07a
T4	6.15 \pm 0.05a	45.21 \pm 0.57bc	174.34 \pm 0.61b	32.54 \pm 0.65ab	175.56 \pm 0.51b	3.02 \pm 0.05a

注:同列数据后不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。表 5、表 6、表 8 同。

2.2 不同处理对圆顶期烟株农艺性状的影响

由表 5 可知,各处理在株高上差异不显著;T1 处理的茎围、节距、叶片数和 3 类叶面积均显著高于 CK,T2 处理主要体现在 3 类叶片面积上显著高于 CK,T3 与 T4 处理烟株整体的农艺性状虽有提高,但低于 T1 与 T2 处理。综合而言,对烟株圆顶期的农艺性状影响最大的是 T1 处理,其次为 T2 处理。

2.3 不同处理在圆顶期的干物质积累量

由图 1 可知,不同处理对烟株干物质积累具有一定程度的影响,在圆顶期,CK 的烟株干物质积累量与 T3、T4 处理相比差异不显著,T1、T2 处理与 CK 相比差异显著,且较 CK 分别增加 13.44%、10.76%,综合而言,T1 和 T2 均有利于烟株干物质积累量,对提高上部叶产量具有一定作用。

表 5 不同处理圆顶期烟株农艺性状

处理	株高 (cm)	茎围 (cm)	节距 (cm)	叶片数 (张)	叶面积(cm ²)		
					最大叶	倒 3 叶	顶叶
CK	113.51 ± 1.24a	9.32 ± 0.16b	5.73 ± 0.13c	14 ± 0.58b	1 405.24 ± 3.07d	915.45 ± 3.24d	712.04 ± 1.53d
T1	116.92 ± 1.31a	10.45 ± 0.12a	6.21 ± 0.10ab	16 ± 0.58a	1 616.08 ± 3.13b	1 037.60 ± 2.82a	851.09 ± 4.45a
T2	115.32 ± 1.18a	9.93 ± 0.38ab	5.62 ± 0.05c	15 ± 0.58ab	1 729.86 ± 4.93a	962.70 ± 2.60b	761.74 ± 3.34b
T3	114.81 ± 1.19a	9.66 ± 0.11b	6.37 ± 0.12a	15 ± 0.58ab	1 443.50 ± 7.93c	935.54 ± 3.38c	746.73 ± 1.56c
T4	115.82 ± 1.33a	9.64 ± 0.10b	5.91 ± 0.05bc	15 ± 0.58ab	1 414.76 ± 2.42d	851.03 ± 1.90e	719.90 ± 2.32d

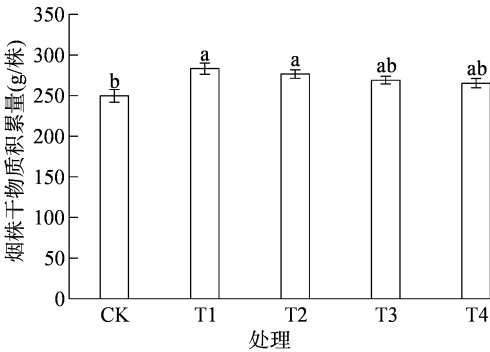


图1 不同配施处理对烟株干物质积累的影响

2.4 不同处理对烟株根系根干重、根体积、根系活力的影响

由表 6 可知,不同处理对烟株根系干重、根体积、根系活力均有不同程度的影响。各试验处理根系干重均显著高于 CK,其中 T2 处理根系干重最大,较 CK 提高 13.42%,与 T1 处理差异不显著;各试验处理根体积均显著高于 CK,其中 T2 处理根体积最大,较 CK 提高 10.50%,T3 与 T4 处理差异不显著;各试验处理根系活力均显著高于 CK,其中 T2 处理根系活力最大,较 CK 提高 74.64%。综合而言,不同处理有利于提高根系干重、根体积、根系活力,其中以 T2 处理表现最优。

表 6 移栽后 45 d 烟株根系体积、干重和根系活力

处理	根系干重 (g)	根体积 (cm ³)	根系活力 [μg/(g·h)]
CK	2.98 ± 0.05c	6.95 ± 0.06d	198.63 ± 1.17e
T1	3.29 ± 0.07ab	7.46 ± 0.07b	340.56 ± 1.18b
T2	3.38 ± 0.07a	7.68 ± 0.06a	346.88 ± 1.20a
T3	3.06 ± 0.05c	7.21 ± 0.08c	216.54 ± 1.30d
T4	3.17 ± 0.06bc	7.34 ± 0.05bc	223.36 ± 0.90c

2.5 不同处理对根系氮代谢相关酶活的影响

由图 2 可知,在根系氮代谢途径中,各试验处理亚硝酸还原酶(NiR)、硝酸还原酶(NR)、谷氨酰胺合成酶(GS)、谷氨酸脱氢酶(GDH)的活性均显著

高于 CK,其中均以 T2 处理的氮代谢相关酶活性最高,相较于 CK,硝酸还原酶(NR)活性高 10.37 U/g、谷氨酰胺合成酶(GS)活性高 14.00 U/g、亚硝酸还原酶(NiR)活性高 498.20 μg/(g·h)、谷氨酸脱氢酶(GDH)活性高 0.26 μg/(g·min),其次依次是 T1、T4、T3 处理。

2.6 不同配施处理对烤后上部烟叶经济性状的影响

由表 7 可知,不同处理对烤后上部烟叶经济性状具有显著影响,与 CK 相比,不同处理的中上等烟比例、上等烟及均价、产量和产值均有提高,其中以 T2 处理产量、产值、上等烟比例均最高,相比 CK 分别提高了 12.79%、21.87%、19.29%;T1 处理中上等烟比例和均价最高,T1 处理中上等烟比例较高。综合来看,T2 处理烤后上部烟叶经济性状表现最好。

2.7 不同配施处理对烤后上部烟叶质量的影响

由表 8 可知,不同配施处理对烤后上部烟叶化学成分及协调性有显著影响,与 CK 相比,不同处理烤后上部烟叶烟碱含量均降低,但总氮含量均升高,还原糖含量差异性较小;T2 处理的总糖、还原糖含量高于其他处理,不同处理的烟碱含量以 T1 处理最低,其次是 T2 处理。不同处理烤后上部烟叶的两糖比、糖碱比、氮碱比、钾氯比均高于 CK,其中以 T2 处理的两糖比、糖碱比和钾氯比最大。综上,T2 处理能在降低烟碱含量的同时增加烤烟上部烟叶总糖和还原糖含量,提高糖碱比、两糖比、氮碱比和钾氯比,提升烤后上部叶化学成分的协调性。

由表 9 可知,不同处理对烤后上部烟叶外观质量有显著影响,与 CK 相比,不同配施处理烤后上部烟叶外观质量总分均较高,其中以 T4 处理和 T1 处理较高,其次是 T2 处理。T1 处理和 T4 处理主要表现为颜色橘黄,成熟度好,油分稍有,色度中等,组织较细腻。综合而言,不同处理能提高烤后上部烟叶外观质量,特别是 T1 处理和 T4 处理。

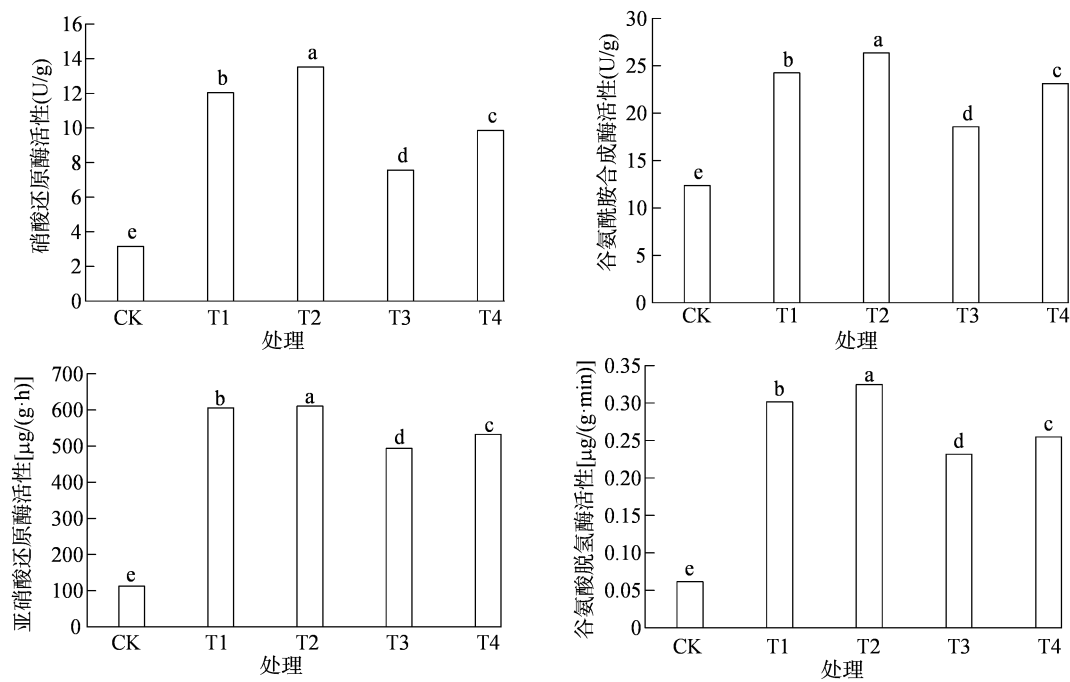


图2 不同处理对氮代谢相关酶活的影响

表 7 不同处理烤后上部烟叶经济性状

处理	产量 (kg/hm ²)	均价 (元/kg)	产值 (元/hm ²)	上等烟比例 (%)	中上等烟比例 (%)
CK	694.05	27.96	19 405.65	57.80	84.29
T1	761.40	31.49	23 215.05	61.37	96.17
T2	782.85	30.21	23 649.90	68.95	95.86
T3	710.55	30.98	22 723.35	67.59	94.77
T4	724.05	29.76	21 547.80	59.56	87.34

表 8 不同配施处理烤后上部烟叶化学成分及协调性

处理	总糖含量 (%)	还原糖含量 (%)	烟碱含量 (%)	总氮含量 (%)	钾含量 (%)	氯含量 (%)	两糖比	糖碱比	氮碱比	钾氮比
CK	22.43±1.20a	19.26±1.26a	3.49±0.05a	2.39±0.03a	1.45±0.06c	0.18±0.01a	0.86±0.01a	5.51±0.28b	0.68±0.01c	8.08±0.24b
T1	21.99±1.29a	19.78±0.95a	2.85±0.08b	2.47±0.06a	1.63±0.03bc	0.16±0.01a	0.90±0.06a	6.93±0.14a	0.87±0.01a	10.27±0.54a
T2	23.81±0.99a	21.96±0.41a	3.05±0.07b	2.57±0.04a	1.77±0.04ab	0.17±0.01a	0.92±0.03a	7.20±0.10a	0.84±0.01a	10.42±0.13a
T3	21.71±0.97a	18.84±0.67a	3.32±0.11a	2.60±0.03a	1.76±0.08ab	0.18±0.01a	0.87±0.07a	5.70±0.37b	0.78±0.02b	9.82±0.50a
T4	23.56±1.01a	20.68±1.75a	3.34±0.09a	2.55±0.06a	1.83±0.07a	0.18±0.01a	0.88±0.06a	6.19±0.49ab	0.76±0.01b	10.16±0.08a

表 9 不同配施处理烤后上部烟叶外观质量

处理	评分									
	颜色	成熟度	叶片结构	身份	油分	色度	组织特征	柔韧度	光泽度	总分
CK	6.50	6.25	6.75	6.75	4.50	5.25	4.75	5.00	4.50	5.98
T1	6.75	7.25	6.75	6.50	4.75	5.75	5.25	5.25	4.75	6.23
T2	6.50	6.75	7.00	6.75	4.75	5.50	4.75	5.00	4.75	6.16
T3	6.50	7.00	6.75	6.75	4.50	5.50	4.75	4.75	4.75	6.11
T4	7.00	7.00	6.75	6.75	4.75	5.75	5.00	5.00	5.00	6.25

由表 10 可知,不同处理对烤后上部烟叶感官质量具有显著影响,与 CK 相比,不同处理烤后上部烟叶感官质量总分均较高,其中以 T2 处理最高,T1、

T4 处理次之。综合而言,T2 处理能提高烤后上部烟叶感官质量,表现为香气量足,香气质好,刺激性小,烟气细腻,余味较纯净。

表 10 不同配施处理烤后上部烟叶感官质量

处理	评分										
	香气质	香气量	透发性	杂气	细腻度	柔和度	圆润感	刺激性	干燥感	余味	总分
CK	12.00	12.00	5.00	5.00	4.50	5.00	4.50	4.50	4.50	4.50	61.50
T1	12.00	12.50	5.00	5.50	5.50	5.00	5.00	4.50	5.00	5.00	65.00
T2	12.50	12.50	5.50	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	65.50
T3	12.00	12.50	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	64.50
T4	12.00	12.00	5.50	5.00	5.50	5.50	5.00	5.00	5.00	4.50	65.00

3 结论与讨论

植物的生长离不开土壤环境,包括土壤肥力、土壤水分等基础理化性质^[21-22],而烤烟的种植同样离不开土壤环境。烟株的生长发育离不开根系,根系的生长严重影响着烟株吸收养分的能力,从而对后期烟株的农艺性状以及干物质积累产生较大影响^[23-24],而根系吸收养分的能力主要体现在根系形态及其生理状态上^[25],同时烟株根系的氮代谢相关酶活性可间接反映出烟株根系的生长程度,同时氮代谢在烟株生长发育过程中同样不可或缺^[26]。烤后烟产质量是检验烟草大田时期成长效果的重要体现^[27],烤后上部叶的经济性状能明显反映出其产质量水平^[28],烤后烟的常规化学成分、外观质量和感官质量更能直接清晰地反映出烟叶的工业价值^[29]。目前腐殖酸钾在土壤改良和烤烟增质提产方面的效果已经得到证实并应用推广^[12],生物菌肥在其他植物中对土壤环境的改良已得到充分验证,采用二者配施烤烟具有一定的理论依据,本研究通过增施腐殖酸钾与生物菌肥对植烟土壤环境、烟株的生长发育和烤后烟产质量 3 个方面来具体探究其对烤烟根系生长和上部叶产质量的影响。

在土壤环境改良过程中,生物菌肥在提供植株所需大量养分的同时能有效保证土壤肥力,本研究利用腐殖酸钾配施生物菌肥为烟株生长提供了更加适合的土壤条件。与当地常规施肥相比,腐殖酸钾配施生物菌肥均能有效改善植烟土壤环境,其中以腐殖酸钾配施枯草哈茨木霉菌改良土壤基础理化性质效果最好,这与张旭奇等的研究结果^[30]相似。

本研究对于烟株的生长发育发现,通过腐殖酸钾配施生物菌肥可以明显提高烟株的生存能力,同时促进烟叶的发育,具体表现在移栽后烟株根系的

生长和烟株农艺性状的提高以及干物质积累。腐殖酸钾配施生物菌肥在提升根系干重和体积的同时可以大幅度提升根系活力,促进烟株根系氮代谢;有效增大烟叶叶面积并提高烟株的干物质积累量,对烟株整体发育情况表现最好。其中腐殖酸钾配施枯草哈茨木霉菌在促进根系生长中效果最好,尤其在氮代谢中主要功能酶的活性提升较大,进而影响烟株氮代谢过程,加快移栽后烟株的生根和生长,这与陈治锋等的研究结果^[31-32]相似;在促进烟株发育过程中,大幅度提升其干物质积累,这与孙海燕等的研究结果^[33]相似。

本研究关于烤后烟产质量发现,烟草在田间生长过程中,合理配施肥料能有效改善烤后烟产质量,该结果与黄琼慧等的研究结果^[34-35]相似。使用腐殖酸钾配施枯草哈茨木霉菌相较于配施其他生物菌肥更能有效提高烟株烤后烟质量。在烤后烟经济性状上腐殖酸钾配施枯草哈茨木霉菌的产值、产量和上等烟以及中上等烟比例最高;在烤后常规化学成分中腐殖酸钾配施枯草哈茨木霉菌可以提高糖含量、总氮含量和钾含量的同时降低烟碱,有效提高烤后烟化学成分的协调性;外观质量以腐殖酸钾配施酶解鱼蛋白和海藻甲壳素精钾最好,而施用腐殖酸钾配施枯草哈茨木霉菌次之,导致该情况发生可能是由于这 2 种肥料富含大量钾元素,进而影响上部叶的外观质量;在感官质量上腐殖酸钾配施枯草哈茨木霉菌的提升效果最好,尤其在香气质方面表现最明显,其中腐殖酸钾配施海藻 EM 活菌相较于配施其他生物菌肥较差,造成该结果可能是由于各生物菌肥之间有效活菌种类以及数量的差异。总体而言,腐殖酸钾配施生物菌肥对上部叶烤后烟产质量的提升效果较好,这与高志豪等的研究结论^[36]相似。

腐殖酸钾配施枯草哈茨木霉菌相较于当地常规施肥改善了土壤环境,更加适合烟株的生长;提高了烟株的叶面积等农艺性状,增加了干物质积累量,有效保障烟叶的单叶产量;以及提升了烟株的根系活力、生理形态和相关氮代谢酶活性,促进烟叶的生长;提高了上部叶的经济性状和烟农的收入;改善了上部叶的化学成分,尤其在总糖和还原糖含量以及降低烟碱含量方面,一定程度上提高了其协调性;有效改善了上部叶的外观质量和感官质量,提高其工业可用性。总之,腐殖酸钾配施枯草哈茨木霉菌对烟株根系生长发育具有明显的促进效应,且提高上部叶产质量的效果显著,具有较好的推广利用价值。

参考文献:

- [1] 堵彦琼,王翠华. 烟草栽培技术发展现状与趋势研究[J]. 智慧农业导刊,2022,2(20):83-85.
- [2] 沈 铮,徐 军,李学芹,等. 促进烟草根系发育研究进展[J]. 安徽农业科学,2023,51(22):1-5,15.
- [3] 赵 静,徐照丽,段胜智,等. 水杨酸对移栽后烟株早生快发的影响[J]. 中国农学通报,2013,29(22):152-159.
- [4] 夏海乾,钱晓刚,杜德强,等. 不同茎长移栽及施肥方式对烤烟前期生长发育的影响[J]. 安徽农业科学,2008,36(2):581-582.
- [5] 刘贯山. 大田前期不同栽培措施对烤烟早发的影响[J]. 安徽农业科学,1997(4):326-327,345.
- [6] 杨占伟,何跃兴,李名荣,等. 不同移栽方式对烤烟生长发育及烟叶产质量的影响[J]. 江西农业学报,2014,26(3):50-53,57.
- [7] 籍 越,饶学明,刘卫群,等. 芝麻饼肥与无机肥配比对烟草根系生长发育的影响[J]. 河南农业大学学报,2003,37(3):241-244,256.
- [8] 黄琼慧,邓小华,陈舜尧,等. 水溶性追肥配施促根剂对烤烟养分积累及利用率的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2023,49(3):268-278.
- [9] 刘维智,贾宏昉,尹贵宁,等. 缺氮及氮素形态对烟草幼苗糖代谢的影响机理初探[J]. 西北植物学报,2014,34(3):530-535.
- [10] 刘 威,段史江,曾 宇,等. 不同促根剂对烟苗根系发育和氮代谢的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(15):93-99.
- [11] 李耀鑫,李静静,琚联营,等. 不同类型钾肥对烤烟上部叶钾含量与碳氮代谢及品质的影响[J]. 山东农业科学,2023,55(4):90-96.
- [12] 杨军伟,康 博,曾庆宾,等. 腐殖酸钾不同追施时期对土壤钾素与烤烟含钾量的影响[J]. 贵州农业科学,2023,51(9):1-9.
- [13] 靳一南. 土壤钾水平对棉花产量形成及品质的影响[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2021.
- [14] 刘 茜,马飞跃,于建军,等. 腐殖酸对植烟土壤和烟草影响的研究进展[J]. 中国农学通报,2010,26(4):132-136.
- [15] 牛莉莉,贾晓果,吴 疆,等. 哈茨木霉与腐殖酸肥配施对烤烟质量和植烟土壤特性的影响[J]. 贵州农业科学,2023,51(3):44-52.
- [16] 崔欣格,王 瑞,赵 昊,等. 微生物菌肥对不同连作土壤及烟株生长的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(13):240-245.
- [17] 龚 林,李德文,石成广,等. 微生物菌肥对植烟酸性土壤改良及烟叶品质的影响研究[J]. 云南农业科技,2022(2):28-31.
- [18] 黄 宁,金 鑫,张翼飞,等. 生物菌肥对烟草靶斑病及烟叶农艺性状的影响[J]. 农技服务,2023,40(5):66-68.
- [19] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,1981.
- [20] 邹 琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [21] 宋海星,李生秀. 水、氮供应和土壤空间所引起的根系生理特性变化[J]. 植物营养与肥料学报,2004(1):6-11.
- [22] 褚 光,周 群,薛亚光,等. 栽培模式对杂交粳稻常优 5 号根系形态生理性状和地上部生长的影响[J]. 作物学报,2014,40(7):1245-1258.
- [23] 张晓娇. 促根剂对烤烟生长发育及产量品质的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2013.
- [24] 滕秋梅,张德楠,余丽敏,等. 减施氮肥配接种固氮菌剂对烤烟生长和土壤特性的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(21):72-78.
- [25] 梁 栋. IAA 和 BR 参与干旱胁迫影响烟草侧根发育的研究[D]. 北京:中国农业科学院,2021.
- [26] 郭玉鸽,张路阳,党 伟,等. VIGS 诱导 GS 同工酶基因沉默对烤烟氮代谢的影响[J]. 中国烟草学报,2023,29(1):79-87.
- [27] 曹景林,程君奇,李亚培,等. 烤烟常规化学成分与吸食品质关系的研究进展[J]. 湖北农业科学,2020,59(增刊1):253-258,262.
- [28] 罗柱石,伍智强,鄢 敏,等. 微肥用量对烤烟化学成分的影响[J]. 甘肃农业科技,2020(11):62-66.
- [29] 岳伦勇,朱列书,廖雪芳,等. 烟叶烘烤研究进展[J]. 作物研究,2013,27(4):411-415.
- [30] 张旭奇,刘文钰. 生物菌肥作用机制研究进展[J]. 现代农业科技,2023(23):163-165,169.
- [31] 陈治锋,肖汉乾,邓小华,等. 促根减氮施肥模式对烤烟产量和品质的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2023,49(1):12-17.
- [32] 吴云艳. 生物菌肥对栽培稻氮代谢生理特性及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(21):76-78.
- [33] 孙海燕,刘浩南,杜丹凤,等. 化肥减量配施腐殖酸对玉米抗氧化系统、养分吸收及干物质积累的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(22):61-68.
- [34] 黄琼慧,张 阳,谢会雅,等. 水溶性追肥配施促根剂对烤烟产量和质量的影响[J]. 安徽农业大学学报,2023,50(2):219-227.
- [35] 彭润润,李举旭,郑 好,等. 增施不同促根剂对皖南烤烟生长和品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2022,50(5):48-57.
- [36] 高志豪,张锦韬,盘文政,等. 生物菌肥对烤烟上部叶产质量的影响研究[J]. 湖南农业科学,2022(4):39-41,45.