

王子一,李 信,肖楚文,等. 几种新型肥料对烤烟增产提质效果的比较研究[J]. 江苏农业科学,2024,52(9):100–106.  
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2024.09.014

# 几种新型肥料对烤烟增产提质效果的比较研究

王子一<sup>1</sup>,李 信<sup>1</sup>,肖楚文<sup>1</sup>,黄思菁<sup>1</sup>,杨 磊<sup>2</sup>,向 东<sup>2</sup>,杨友才<sup>1</sup>

(1. 湖南农业大学农学院,湖南长沙 410128; 2. 湖南中烟工业有限责任公司,湖南长沙 410014)

**摘要:**为促进新型微生物菌肥和有机肥在烤烟生产中合理、高效使用,进而在提升烤烟产质量,提高经济效益的同时保护土地,经过对市场上已有的微生物菌肥及有机肥料筛选后,以烤烟 G80 为研究对象,选用 4 种新型肥料,于 2022 年在湖南省浏阳地区开展试验,采用单因素试验设计,设置 5 个小区,每个小区施用不同的肥料处理:T1(增施营广宝微生物菌肥)、T2(增施真对真微生物菌肥)、T3(增施集结号 2 号微生物菌肥)、T4(增施仙程熟水溶肥料)、CK(不添加额外的肥料),分析在烤烟大田生产中添加不同的新型肥料对烤烟 G80 植株、植烟土壤酶活性及烤后烟叶产质量的影响。试验结果表明,增施新型肥料可以不同程度地促进烟株前期早生快发,烟株根系活力变化表现为移栽后先增加后减少,在移栽后 45 d 达到最大值,所有增施过肥料的处理内的烟株根系活力均显著高于对照组。增施肥料也能在移栽后 15、45、75 d 显著提高植烟土壤的脲酶、过氧化氢酶和蔗糖酶活性,可以显著提高烤后烟叶中上等烟比例及产量,其中 T3 处理的产量及上等烟比例提升最为明显。本研究表明,在移栽后 3 d 灌根施用以枯草芽孢杆菌和地衣芽孢杆菌为主要成分的集结号 2 号微生物菌肥对烤烟产质量的提升效果最佳,同时单独增施另外 3 种新型肥料,也可以在不同程度上促进烤烟的前期生长和提升烤后烟叶产质量。

**关键词:**烤烟;微生物菌肥;有机肥;根系活力;土壤酶活性

**中图分类号:**S572.06 **文献标志码:**A **文章编号:**1002–1302(2024)09–0100–06

在农业生产中,为了实现以生态、安全、高效、高产、优质为目标的农业生产方式,单纯长期施用化学肥料的施肥模式已经在向主施化学肥料,辅施生物有机肥、有机肥、微生物菌肥等生物肥料的施肥模式转化<sup>[1]</sup>,微生物菌肥通常含有多种营养成分,可以为土壤提供大量的特定微生物<sup>[2–3]</sup>,对烟叶的产质量有较好的提升作用。夏振远等通过增施微生物菌肥使上等烟比例较对照提高了 14.7%~22.7%,产值相应提高了 20.53%~33.38%<sup>[4]</sup>。刘展展等增施微生物菌肥后,烤烟的经济性状和内在化学品质均优于对照<sup>[5]</sup>。伍优等对烤烟品种 K326 喷施枯草芽孢杆菌菌剂,明显提高了烤后烟叶的产质量<sup>[6]</sup>。烤烟是典型的不耐连作作物,连作会明显导致烟草产量下降、品质降低、病虫害加剧等<sup>[7]</sup>。但湖南部分烟区因客观条件限制,不得不采用烤烟

连作的耕作方式,施用合适的微生物菌肥和有机肥可以有效降低连作障碍、提高土壤有机质、增加土壤肥力、提升作物抗逆性和提高作物吸收养分的能力<sup>[8]</sup>。施用微生物菌肥除了能促进土壤养分转化,还具有改善土壤环境、降低农药残留危害等作用。研究表明,枯草芽孢杆菌、巨芽孢杆菌、短芽孢杆菌、慢生根瘤菌、假单胞菌等可以在重金属毒性的生物修复中发挥关键作用<sup>[9]</sup>。芽孢杆菌和假单胞菌等具有降低农药残留毒性的能力<sup>[10]</sup>。史久长等施用高效芽孢杆菌后,促进了烟株田间生长发育和上部叶开片<sup>[11]</sup>。王政等发现,增施高活性复合类微生物菌肥处理的烟株高度和有效叶片数在烟株封顶后均优于对照组<sup>[12]</sup>。陈月星等发现,对烤烟品种云烟 99 施用巨大芽孢杆菌可有效促进烤烟生长<sup>[13]</sup>。

烟草产业是湖南经济发展的重要支柱性产业之一,在湖南浏阳烟区主要种植的烤烟品种中,烤烟 G80 烟叶风格特征明显,生物学性状好,抗病性和内在化学成分协调等指标突出。由于近年来烤烟 G80 品种退化、施肥不平衡、栽培管理措施执行不到位等问题,导致收获期烟叶早衰与掉叶,经济效益降低。本研究以烤烟品种 G80 为研究对象,通

收稿日期:2023–07–18

基金项目:湖南中烟工业有限责任公司项目(编号:202243000934095)。

作者简介:王子一(1998—),男,四川成都人,硕士研究生,从事农业生态和作物栽培研究。E-mail:1530386049@qq.com。

通信作者:杨友才,博士,教授,从事农业生态和作物栽培研究。E-mail:820132479@qq.com。

过配施不同种类的微生物菌肥或有机肥,筛选出适宜浏阳烟区烤烟 G80 生产使用的新型肥料,旨在解决烤烟 G80 生产中遭遇的问题,提高经济效益,为浏阳烟区优质烟叶生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点和材料

试验于 2022 年在湖南省浏阳市永安镇永和村进行,供试烟田为水稻田,肥力均匀、地势平坦、排灌便捷。供试土壤 pH 值为 6.41,有机质含量为 31.72 g/kg,全氮含量为 1.68 g/kg,碱解氮含量为 117.61 mg/kg,全磷含量为 0.95 g/kg,速效磷含量为 15.98 mg/kg,全钾含量为 14.38 g/kg,速效钾含量为 307.83 mg/kg。供试品种为烤烟品种 G80。微

生物菌剂品种为营广宝微生物菌肥、真对真哈茨木霉型微生物菌肥、集结号 2 号 - 速效型微生物菌肥和仙程熟含腐殖酸水溶肥料。

1.2 试验设计

采用单因素随机区组设计,试验设置营广宝微生物菌肥(T1)、真对真微生物菌肥(T2)、集结号 2 号微生物菌肥(T3)、仙程熟水溶肥料(T4)4 种新型肥料添加处理,以常规施肥模式为对照(CK),共 5 个处理(表 1),重复 3 次,田间随机排列,烟株间距 0.5 m,行距 1.2 m,小区面积 79.2 m<sup>2</sup>。于 2022 年 3 月 22 日移栽烟苗。每种微生物菌剂于烟苗移栽后 3 d 添加,用量参照每种肥料的推荐用量,500 倍兑纯净水稀释添加,添加方式为灌根。其他栽培管理措施同当地优质烟叶生产技术指导标准保持一致。

表 1 试验设计

处理	肥料种类	有效成分	登记证号	用量 (mg/株)
T1	营广宝微生物菌肥	荧光假单胞菌等	微生物肥 2013 准字 0992 号	867
T2	真对真微生物菌肥	哈茨木霉、巨大芽孢杆菌等	微生物肥 2019 准字 6905 号	910
T3	集结号 2 号微生物菌肥	枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌等	微生物肥 2013 准字 1045 号	1 923
T4	仙程熟水溶肥料	腐殖酸等	农肥 2016 准字 5817 号	462
CK	不添加			0

1.3 测定指标与方法

1.3.1 农艺性状和干物质积累量 分别于烟苗移栽后 15、45 d 时,选取各小区内长势均匀的烟株,参考 YC/T 142—1998《烟草农艺性状调查方法》,对株高、茎围、最大叶长、最大叶宽等农艺性状进行测定,每个小区重复 10 次。同时,分别于烟苗移栽后 15、30、45、60 d 选取各小区内具有代表性的烟株 3 株,将烟株完整取出,清洗干净泥土等杂质,将根、茎分离,在 105 ℃ 杀青 30 min 后于 75 ℃ 烘干至恒重,测定地上部分与根系的干物质量。

1.3.2 根系活力 于烟苗移栽后 15、30、45、60 d 时,每个小区选取具有代表性的烟株 3 株,将根系泥土清洗干净后采用 TTC 比色法<sup>[11]</sup>进行测定。

1.3.3 土壤酶活性 于烟苗移栽后 15、45、75 d 时,用取土器于各小区内采用 5 点取样法,去除土壤表面杂质,采集 0 ~ 20 cm 土壤作为样品;土壤脲酶活性(S - UE)含量采用苯酚钠 - 次氯酸钠比色法测定,土壤蔗糖酶活性(S - SC)采用 3,5 - 二硝基水杨酸比色法测定,土壤过氧化氢酶活性(S - CAT)采用微量法测定。

1.3.4 烤后烟叶常规化学成分 烤后烟叶按照 GB 2635—1992《烤烟》进行分级,取各处理 C3F 等级烟叶样品各 1.0 kg 分析化学成分,参照 YC/T 159—2019《烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 连续流动法》、YC/T 173—2003《烟草及烟草制品 钾的测定 火焰光度法》、YC/T 161—2002《烟草及烟草制品 总氮的测定 连续流动法》、YC/T 160—2002《烟草及烟草制品 总植物碱的测定 连续流动法》的方法测定总糖、还原糖、总氮、烟碱和钾含量。

1.3.5 烤后烟叶经济性状 各处理分别采收、编号,在烤房烘烤后,统计各处理烟叶产量和中、上等烟比例。

1.4 数据分析

使用 Excel 2019 软件进行数据处理,用 SPSS 22.0 软件进行数据统计和分析,用 Origin 2021 软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 不同肥料处理对烤烟 G80 农艺性状的影响 由表 2 可知,在 2 个时期,与 CK 相比,有增施

过新型肥料处理的株高均显著增加,在移栽后 15 d,T2 处理株高达到最大值,比 CK 增加了 21.65%,T1、T3、T4 处理相比 CK 分别增加了 16.00%、19.44%、17.24%;在移栽后 45 d,T1 处理株高达到最大值,为 31.97 cm,相比 CK 增加了

16.51%。T1、T2、T3、T4 处理的茎围在移栽后 15 d 和 45 d 分别相比于对照提高了 18.88%、16.08%、13.99%、4.20% 和 10.11%、7.28%、9.43%、8.76%,茎围、最大叶长和叶宽在 2 个时期均未表现有显著差异。

表 2 不同肥料处理对烤烟 G80 农艺性状的影响

处理	移栽后 15 d				移栽后 45 d			
	株高 (cm)	茎围 (cm)	最大叶		株高 (cm)	茎围 (cm)	最大叶	
			叶长 (cm)	叶宽 (cm)			叶长 (cm)	叶宽 (cm)
T1	12.11±0.77a	1.70±0.22a	12.23±1.39a	5.90±0.15a	31.97±1.33a	8.17±0.48a	52.93±3.12a	32.79±2.17a
T2	12.70±0.34a	1.66±0.09a	13.33±0.85a	6.38±0.43a	31.03±0.58a	7.96±0.51a	52.07±2.52a	31.29±3.40a
T3	12.47±0.42a	1.63±0.12a	13.61±1.29a	6.33±0.25a	31.53±1.93a	8.12±0.63a	53.11±2.82a	32.32±0.62a
T4	12.24±0.40a	1.49±0.12a	11.84±0.58a	5.78±0.43a	31.26±0.89a	8.07±0.16a	52.52±0.69a	33.91±1.69a
CK	10.44±0.27b	1.43±0.17a	12.36±0.77a	6.12±0.22a	27.44±0.51b	7.42±0.32a	49.72±2.03a	32.53±1.47a

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。表 3、表 4 同。

2.2 不同肥料处理对烤烟 G80 地上部分干物质积累的影响

由表 3 可知,在移栽后 15、30 d,T1、T2、T3 和 T4 处理的干物质积累量均显著优于 CK,T3 处理在移栽后 15d 达到同时期内的干物质积累量最大值,为 18.19 kg/hm<sup>2</sup>,T1 处理在移栽后 30 d 达到同时期内的干物质积累量最大值,为 148.98 kg/hm<sup>2</sup>;在移栽后 45 d 时,T1、T2 和 T3 处理的干物质积累量显著高于 CK,提升幅度分别达到 23.18%、26.76% 和 27.33%。综合 4 个时期来看,T3 处理在移栽后 15、30、45、60 d 时的干物质积累量均显著高于对照组 CK,分别提高了 45.29%、28.79%、27.33%、17.65%,T1、T2 和 T4 处理与同时期 CK 相比亦有不同程度的提高。

表 3 不同肥料处理对烤烟 G80 地上部分干物质积累的影响

处理	干物质积累量 (kg/hm <sup>2</sup> )			
	移栽后 15 d	移栽后 30 d	移栽后 45 d	移栽后 60 d
T1	17.46±0.45a	148.98±15.88a	844.28±40.75a	1 955.37±83.57b
T2	15.97±1.99a	130.96±8.29a	868.83±73.48a	2 019.73±56.26b
T3	18.19±1.64a	132.54±4.07a	872.71±60.20a	2 214.57±106.43a
T4	16.31±1.70a	131.37±11.46a	700.34±79.58b	2 008.43±39.30b
CK	12.52±2.38b	102.91±6.65b	685.41±47.98b	1 882.27±68.98b

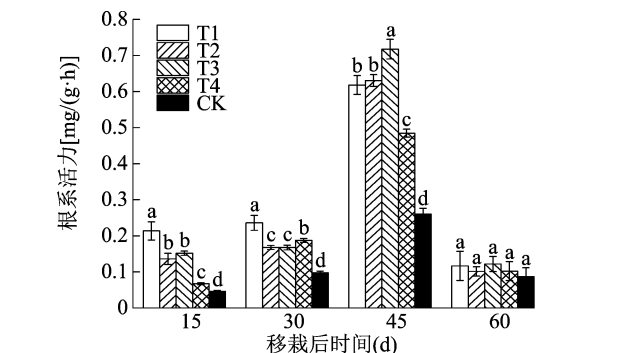
2.3 不同肥料处理对烤烟 G80 根系活力的影响

由图 1 可知,在移栽后 15、30 d 时,所有增施过新型肥料的处理中的烟株根系活力均显著高于 CK,其中 T1 处理在 2 个时期均达到最大值,相较于 CK 分别提升了 361.34% 和 142.56%;到移栽后 45 d 时,T1、T2、T3 和 T4 处理的烟株根系活力均达到 4 个时期中的最大值,均显著高于对照,与对照相比分别提高了 137.73%、142.54%、175.96%、86.50%;在移栽后 60 d 时,各处理之间的烟株根系活力之间均不存在显著差异。

2.4 不同肥料处理对土壤酶活性的影响

2.4.1 不同肥料处理对土壤脲酶(UE)活性的影响

由图 2 可知,在移栽后 15 d,T1 处理的脲酶活性



柱上不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。图 2 至图 4 同  
图1 不同肥料处理对烤烟 G80 根系活力的影响

显著高于 CK;到移栽后 45 d,T1、T2、T3、T4 处理的脲酶活性均显著高于 CK,提升幅度分别达到 73.01%、98.49%、112.4% 和 30.61%;在移栽后

75 d时,T1、T3 和 T4 处理的脲酶活性显著高于 CK。T1 处理在 3 个时期时的脲酶活性均显著高于对照。

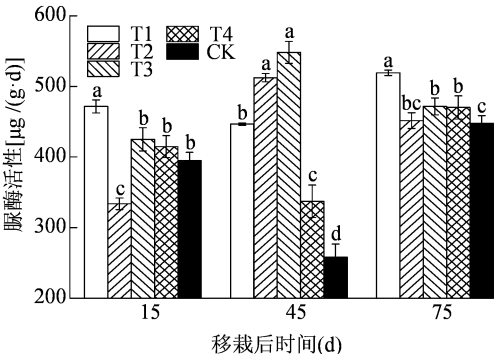


图2 不同肥料处理对植烟土壤脲酶活性的影响

2.4.2 不同肥料处理对土壤蔗糖酶(S-SC)活性的影响 由图 3 可知,与 CK 相比,在移栽后 15、75 d 时,所有增施新型肥料的处理内 S-SC 酶活性均有显著提高。移栽后 45 d 时,T1、T2 和 T3 处理的 S-SC 酶活性显著高于 CK。综合来看,在 3 个时期中,T2、T3 处理的 S-SC 活性均保持在较高水平,于移栽后 45 d 达到最大值,分别为 244.98、244.78 mg/(g·d)。

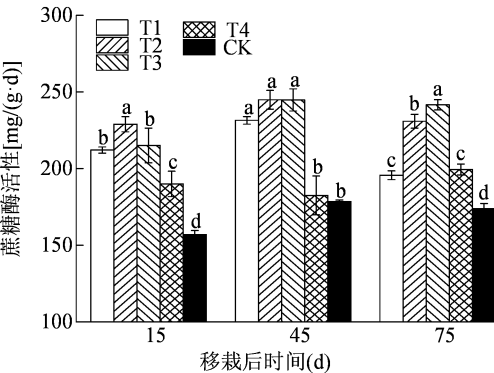


图3 不同肥料处理对植烟土壤蔗糖酶活性的影响

2.4.3 不同肥料处理对土壤过氧化氢酶(S-CAT)活性的影响 由图 4 可知,在移栽后 15 d,T1、T3、T4 处理的 S-CAT 酶活性显著高于 CK;移栽后

45 d,T1、T2、T3、T4 处理的 S-CAT 酶活性均显著高于 CK,提升幅度分别达到了 60.14%、62.86%、49.84%、57.21%。移栽后 75 d,相较于 CK,T1、T2、T3 和 T4 处理的 S-CAT 酶活性均有显著升高,提升幅度分别达到了 74.31%、76.97%、87.54%、72.69%。

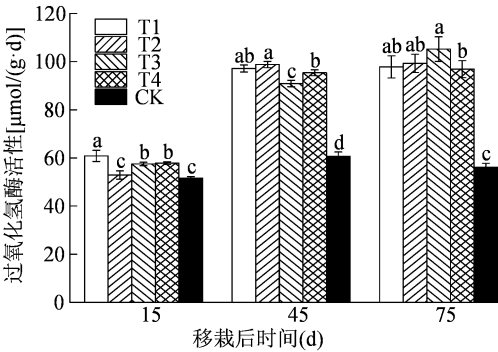


图4 不同肥料处理对植烟土壤过氧化氢酶活性的影响

2.5 不同肥料处理对烤后烟叶化学成分及产质量的影响

优质烟叶化学成分标准如下:总糖含量范围为 23%~29%,还原糖含量范围为 18%~22%,烟碱含量范围为 2.5%~3.0%,总氮含量范围为 1.5%~3.0%,钾含量>2%。由表 4 可知,T1、T2、T3 处理的总糖、还原糖含量均高于 CK;各处理之间总糖、还原糖、总氮和烟碱含量并无显著性差异;T3 和 T4 钾含量处理显著高于对照组 CK,所有处理均达到优质烟叶标准的要求。

T2、T3 处理的上等烟比例显著高于 CK,分别达到了 65.19%、66.75%,T1、T2、T3、T4 处理相应的中等烟比例均显著低于 CK;从产量上看,所有增施过微生物菌剂的处理产量均显著高于 CK,其中以 T3 产量最大,为 1 980.0 kg/hm<sup>2</sup>。

2.6 根系活力与烤后烟叶化学成分及产质量的相关性分析

由表 5 可知,不同时期的根系活力与烤后烟叶

表 4 不同肥料处理对烤后烟叶化学成分及产量的影响

处理	总糖含量 (%)	还原糖含量 (%)	烟碱含量 (%)	总氮含量 (%)	钾含量 (%)	上等烟比例 (%)	中等烟比例 (%)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
T1	23.83 ± 0.70a	19.25 ± 1.52a	2.90 ± 0.69a	2.77 ± 0.52a	3.00 ± 0.30b	58.61 ± 6.82ab	28.65 ± 0.97b	1 848.0 ± 159.12b
T2	24.89 ± 3.04a	20.53 ± 1.02a	2.59 ± 0.75a	2.88 ± 1.14a	3.40 ± 0.31ab	65.19 ± 6.96a	23.25 ± 3.81d	1 854.8 ± 148.97b
T3	25.18 ± 1.01a	21.06 ± 2.10a	2.35 ± 0.19a	2.47 ± 0.74a	4.01 ± 0.51a	66.75 ± 4.64a	27.63 ± 1.53bc	1 980.0 ± 29.48a
T4	22.52 ± 1.95a	19.52 ± 1.12a	2.67 ± 0.70a	2.81 ± 0.52a	3.81 ± 0.23a	58.20 ± 3.69ab	24.45 ± 0.92cd	1 809.5 ± 149.71b
CK	22.28 ± 1.49a	18.77 ± 1.51a	2.46 ± 0.35a	2.45 ± 0.16a	2.80 ± 0.50b	51.47 ± 8.82b	32.97 ± 1.58a	1 698.2 ± 144.06c
F 值	1.567	1.175	0.392	0.244	5.250	2.853	10.402	1.676

化学成分及产质量之间的关系不尽相同,在移栽后 15、30、60 d,根系活力与烤后烟叶化学成分及产质量之间均无显著相关性;移栽后 45 d 时,根系活力

与烤后烟叶总糖含量和产量呈显著正相关,与上等烟比例呈极显著正相关,与中等烟比例呈显著负相关。

表 5 根系活力与烤后烟叶化学成分及产质量相关性

移栽后时间 (d)	相关系数							
	总氮含量	钾含量	总糖含量	还原糖含量	烟碱含量	上等烟比例	中等烟比例	产量
15	0.114	0.070	0.384	0.156	0.190	0.322	-0.173	0.365
30	0.121	0.139	0.225	0.135	0.272	0.237	-0.405	0.345
45	0.071	0.481	0.566 *	0.465	0.049	0.645 **	-0.549 *	0.548 *
60	0.102	0.005	0.172	0.050	0.213	0.184	-0.099	0.267

注: \*、\*\* 分别表示在 0.05、0.01 水平上显著相关。表 6、表 7 同。

2.7 土壤酶活性与烤后烟叶化学成分及产质量相关性分析

由表 6 可知,移栽后 15 d,土壤脲酶活性和土壤过氧化氢酶活性与烤后烟叶化学成分及产质量之间无显著相关性;土壤蔗糖酶活性与总糖含量和上等烟比例显著正相关,与中等烟比例呈极显著负相关。到移栽后 45 d,土壤脲酶活性与总糖含量、还原糖含量、上等烟比例和产量呈显著正相关;土壤蔗糖酶活性与产量显著正相关,与总糖含量极显著正相

关;土壤过氧化氢酶活性与上等烟比例显著正相关,与中等烟比例极显著负相关。移栽后 75 d,土壤脲酶活性与烤后烟叶化学成分及产质量之间无显著相关性;土壤蔗糖酶活性与钾含量、总糖含量、还原糖含量和产量显著正相关,与上等烟比例极显著正相关;土壤过氧化氢酶活性与钾含量显著正相关,和上等烟比例极显著正相关,同时与中等烟比例极显著负相关。

表 6 土壤酶活性与烤后烟叶化学成分及产质量相关性

移栽后时间 (d)	酶活性	相关系数							
		总氮含量	钾含量	总糖含量	还原糖含量	烟碱含量	上等烟比例	中等烟比例	产量
15	UE	-0.390	0.001	-0.122	-0.174	0.134	-0.219	0.341	0.222
	S-SC	0.101	0.392	0.614 *	0.508	-0.220	0.635 *	-0.657 **	0.507
	S-CAT	-0.076	0.308	0.171	0.065	0.054	0.332	-0.205	0.206
45	UE	0.076	0.368	0.576 *	0.535 *	-0.002	0.576 *	-0.455	0.577 *
	S-SC	0.142	0.190	0.671 **	0.448	-0.104	0.470	-0.332	0.565 *
	S-CAT	0.248	0.414	0.318	0.277	0.222	0.604 *	-0.756 **	0.389
75	UE	-0.016	-0.071	0.244	0.082	0.044	-0.033	-0.002	0.267
	S-SC	0.066	0.617 *	0.547 *	0.526 *	-0.048	0.666 **	-0.542 *	0.572 *
	S-CAT	0.232	0.594 *	0.363	0.302	0.180	0.687 **	-0.687 **	0.502

2.8 烤后烟叶化学成分及产量相关性分析

由表 7 可知,烤后烟叶钾含量与上等烟比例呈显著正相关,而与中等烟比例呈显著负相关;还原糖含量和总糖含量呈显著正相关,与烟碱含量呈显著负相关;中等烟比例与上等烟比例之间呈显著负相关,总氮和烟碱含量与其他烤后烟叶化学成分及产质量之间相关性不显著。

3 讨论与结论

荧光假单胞菌是一种常见的菌根促生细菌,具

有拮抗多种植物病原真菌的能力<sup>[14]</sup>,卢照龙等通过在水稻生产中施用荧光假单胞菌复合微生物菌剂,发现可以显著促进水稻前期根系生长,进而提高产量<sup>[15]</sup>。哈茨木霉为木霉属真菌,可作为生物农药,防治作物根部病害,已有研究表明,施用哈茨木霉为主的微生物菌剂可在烟草生产中有效防治青枯病和黑胫病<sup>[16-17]</sup>,同时有研究表明,哈茨木霉在增殖过程中能分泌多种有益物质,进而增加土壤养分含量,促进作物优质生长<sup>[18]</sup>。枯草芽孢杆菌在烤烟生产上的应用已有部分结论,有研究结果表明,在

表 7 烤后烟叶化学成分及产质量相关性

指标	相关系数							
	总氮含量	钾含量	总糖含量	还原糖含量	烟碱含量	上等烟比例	中等烟比例	产量
总氮含量	1.000							
钾含量	-0.204	1.000						
总糖含量	-0.357	0.422	1.000					
还原糖含量	-0.423	0.248	0.521 *	1.000				
烟碱含量	0.480	-0.260	-0.381	-0.520 *	1.000			
上等烟比例	-0.070	0.537 *	0.427	0.323	0.113	1.000		
中等烟比例	0.043	-0.593 *	-0.428	-0.362	0.126	-0.634 *	1.000	
产量	0.355	0.333	0.293	0.412	-0.190	0.000	-0.086	1.000

烟苗育苗阶段喷施以枯草芽孢杆菌为主的微生物菌剂,可以有效提高烟苗素质,促进烟株生长发育<sup>[19]</sup>。

本研究结果表明,通过在烟苗移栽后灌根施用荧光假单胞菌复合微生物菌肥、哈茨木霉复合微生物菌肥、枯草芽孢杆菌微生物菌肥以及以腐殖酸为主的水溶有机肥料均可以在烟草大田生育期前期显著促进烟株株高以及根系发育,有效提高烟田土壤碳氮代谢相关酶活性,进而促进烤后烟叶关键化学成分含量显著提升,使烟叶化学成分更加协调,同时对烤烟产量的提高也有明显的促进作用,这与前人的研究结果<sup>[11,20-22]</sup>一致。增施营广宝微生物菌肥(T1)表现出在烤烟大田生育期前期对根系活力活性的提升效果最为明显,但在中后期的整体提升效果及对产质量的提升程度上弱于集结号2号微生物菌肥(T3)。

本研究结果同时表明,不同时期的土壤酶活性对烤后烟叶化学成分和产质量的影响程度不一样,其中总体以移栽后45 d的影响程度最大,同时各处理根系活力均达到4个时期中的最大值,说明在G80生产中施用微生物菌肥或有机肥时,可以适当延迟施用,以求提高微生物菌肥和有机肥料在田间生产中的利用率。在关于烤后烟叶化学成分之间的相关性分析中可以看出,烟叶钾含量的提升可以显著提高G80烤后烟叶上等烟比例,故而在进一步的研究中,可以考虑选用具有促进烟株钾素吸收能力的菌种所制成的复合微生物菌肥。在本研究中,各处理内微生物菌肥的施用量采用的是所选微生物菌剂的田间推荐施用量,具体的最佳施用量还有待后续研究确定。

本研究表明,在浏阳烟区烤烟G80大田生产中,配施新型微生物菌肥或有机肥料均可以显著促

进烟株前期早生快发,可以显著提高植烟土壤的酶活性,进而提高烤后烟叶中上等烟比例及产量,同时改善烤后烟叶化学成分协调性,提升烟叶品质。在移栽后3 d灌根施用以枯草芽孢杆菌和地衣芽孢杆菌为主要成分的集结号2号微生物菌剂效果最佳。

参考文献:

[1]梁永进,尚海丽,盘文政,等. 微生物菌肥对‘K326’烤烟生长发育及产质量的影响[J]. 中国农学通报,2021,37(23):45-51.

[2]Zhao Y G,Lu G X,Jin X,et al. Effects of microbial fertilizer on soil fertility and alfalfa rhizosphere microbiota in alpine grassland[J]. Agronomy,2022,12(7):1722.

[3]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.

[4]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.

[5]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.

[6]伍优,何楷,黄纯杨,等. 喷施枯草芽孢杆菌对生态烟主要病害防治的影响[J]. 安徽农业科学,2015,43(8):83-84.

[7]李晓红. 烟草连作危害及防治措施探讨[J]. 园艺与种苗,2013,33(12):55-58.

[8]刘 晓. 微生物菌肥在农业生产中的应用研究[J]. 河南农业,2021(17):14-15.

[9]Mishra V,Gupta A,Kaur P,et al. Synergistic effects of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria in bioremediation of iron contaminated soils[J]. International Journal of Phytoremediation,2016,18(7):697-703.

[10]Abdelkrim S,Jebara S H,Saadani O,et al. In situ effects of *Lathyrus sativus* - PGPR to remediate and restore quality and fertility of Pb and Cd polluted soils[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety,2020,192:110260.

[11]史久长,高加明,王 晓,等. 高效芽孢杆菌对烤烟生长发育及产质量的影响[J]. 现代农业科技,2022(18):5-8,21.

安露昌,李豪杰,郑梦瑶,等. 缺氮胁迫对不同小麦品种幼苗根系和光合荧光特性的影响[J]. 江苏农业科学,2024,52(9):106-111.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.09.015

# 缺氮胁迫对不同小麦品种幼苗根系 和光合荧光特性的影响

安露昌,李豪杰,郑梦瑶,李玉琳,杨晨璐,欧行奇,郑会芳

(河南科技学院农学院,河南新乡 453003)

**摘要:**为明确缺氮胁迫对不同品种小麦幼苗生长发育的影响,为培育氮高效小麦新品种奠定理论基础,以培育的小麦新品种百农 207(BN207)、百农 307(BN307)和百农 607(BN607)为试验材料,在光照培养箱内采用水培的方法,研究了全氮(霍格兰式营养液,15 mmol/L,CK)和缺氮(0 mmol/L)处理 15 d 后小麦幼苗地上部和根系的生长参数、生物量及叶绿素荧光参数等变化。结果表明,缺氮胁迫条件下 BN207、BN307、BN607 的叶绿素含量显著降低,分别下降了 25.82%、29.21%、35.24%。株高有所降低但不显著,其中 BN607 下降幅度最大,BN207 下降幅度最小,与 CK 相比分别下降了 12.4%、5.4%;但幼苗根系总长、根系表面积等根系性状指数均显著提高;快速叶绿素荧光动力学参数中,缺氮胁迫使 3 个小麦品种用于电子传递的量子产额  $\phi_{E_0}$  均降低,BN307、BN607 最大光化学效率  $\phi_{P_0}$  均显著高于 CK;以吸收光能为基础的性能指数中,BN207 的  $PI_{abs}$  下降幅度较小,表明 BN207 在胁迫条件下光能的捕捉和原初光化学反应受到的影响较小。本研究表明,在 3 个品种中,百农 207 的株高、快速叶绿素荧光动力学参数和根系形态特征变化幅度最小,因此,可以推断百农 207 对氮素敏感性较差,可能为耐低氮品种。

**关键词:**小麦;缺氮胁迫;根系;叶绿素荧光参数;苗期

**中图分类号:**S512.101 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)09-0106-06

氮素是小麦生长发育过程中必不可缺的元素之一。然而,由于氮肥的不合理使用,导致当前我国氮肥的利用率低下,只有 30%~60%,且引起地下水的富营养化、土壤酸化,全球气候变暖等<sup>[1]</sup>。在“双

碳”目标要求下,如何在保证产量的基础上提高氮肥利用效率(NUE),尤其是作物在缺氮情况下提高 NUE,以适应低氮环境的变化,成为亟待解决的主要问题之一<sup>[2]</sup>。

光合作用是植物干物质形成的基础,植物地上部约有 90% 的干物质来自光合作用<sup>[3]</sup>。近年来,在棉花、玉米、小麦等多种作物中,人们逐渐认识到植物叶绿素荧光特性与光合作用之间的联系,并深入研究氮肥对叶绿素荧光参数的影响<sup>[4]</sup>。叶绿素的合成及叶绿素荧光动力学特性的变化主要是由氮素投入决定<sup>[5]</sup>。方辉等的研究进一步证实,施用氮肥有助于提高叶片光合色素含量及叶绿素荧光动

收稿日期:2023-06-29

基金项目:河南省自然科学基金(编号:212300410144);河南省科技计划攻关项目(编号:212102110296);新乡市科技攻关计划(编号:GG2021006);河南省农业良种联合攻关项目(编号:2022010101)。

作者简介:安露昌(2001—),男,河南洛阳人,硕士,主要从事小麦高产高效栽培研究。E-mail:al3461063350@163.com。

通信作者:郑会芳,博士,讲师,主要从事小麦水资源高产高效栽培研究。E-mail:hfhzheng1021@163.com。

[12]王政,敖金成,张真,等. 微生物菌肥对烤烟生长发育和品质的影响[J]. 湖北农业科学,2018,57(10):79-82,87.

[13]陈月星,黄金辉,刘翠霞,等. 巨大芽孢杆菌对商洛烤烟生长及土壤微生物的影响[J]. 西北农业学报,2021,30(11):1708-1714.

[14]王东凯,黄国庆,吴琼,等. 荧光假单胞菌的研究和应用[J]. 黑龙江科学,2013,4(7):33-36.

[15]卢照龙,罗品忠,向玲洁,等. “营广宝”微生物菌肥在泰兴市水稻上应用效果试验总结[J]. 北方水稻,2019,49(1):27-29.

[16]王典,匡志豪,孙晓伟,等. 哈茨木霉对烟草生长/产质量及黑胫病防效的影响[J]. 贵州农业科学,2023,51(3):27-35.

[17]朱洪江,王勇,刘东阳,等. 哈茨木霉对烟草青枯病田间控制效

果及生物学性状的影响[J]. 植物医生,2019,32(5):26-31.

[18]牛莉莉,贾晓果,吴疆,等. 哈茨木霉与腐殖酸肥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.

[19]谢会雅,何伟,周毅,等. 枯草芽孢杆菌菌剂喷施对烤烟烟苗素质的影响[J]. 作物研究,2022,36(6):542-545.

[20]邓泽征. 基施枯草芽孢杆菌对烤烟生长发育及产质量影响[D]. 长沙:湖南农业大学,2019:20-25.

[21]徐洪宇,孙兴权,张强,等. 枯草芽孢杆菌有机肥对土壤条件及烤烟产质量的影响[J]. 湖南农业科学,2017(7):55-58,64.

[22]曾嵘,解燕,朱源,等. 有机诱导抗病剂与巨大芽孢杆菌在烤烟生产上的组合应用[J]. 昆明学院学报,2016,38(6):7-10.