

麦饭石肥料施用量对来凤雪茄烟叶品质的影响

吴 创, 施友志, 潘 勇, 王 剑, 胡 捷, 贾梦珠, 谭再钰, 刘 洋, 刘利平*

(湖北中烟工业有限责任公司, 湖北 宜昌 443000)

摘 要: 分析麦饭石肥料施用量对来凤雪茄烟叶品质的影响, 为来凤雪茄烟施肥调控提供理论参考, 并为开发当地丰富的麦饭石肥料资源提供可利用途径。以印尼 BES NO H382 为供试品种, 设置低、中、高 (450、900、1350 kg/hm²) 3 个施肥梯度, 研究了 3 个施肥梯度下麦饭石肥料对雪茄烟农艺性状、物理特性、常规化学成分、矿质元素含量、中性致香物质及感官评吸的影响。结果表明: 合理施用麦饭石肥料使株高、最大叶长、最大叶宽、最大叶面积等农艺性状指标显著提高; 单叶重、叶片厚度等物理指标显著提高, 含梗率显著降低; 钾含量及矿物质含量明显提高; 烟叶的香气质、香气量、甜感和燃烧性得到提升。因此, 适量增施麦饭石肥料可以有效促进烟株生长发育, 改善烟叶品质, 且以常规施肥 +450 kg/hm² 麦饭石肥料效果最好。

关键词: 湖北来凤; 麦饭石肥料; 雪茄烟叶; 品质

麦饭石是含有多种微量元素、有一定生物活性的矿物质药石, 它具有优良的吸附作用和矿物质溶解性能^[1]。麦饭石不仅能有效降低水中重金属离子和毒素的含量, 在一定程度上抑制细菌繁殖, 还能在水中析出多种有益的矿质元素, 包括钾、钠、钙、镁、铁、磷、硫、锰、锌、硅、锶等, 可满足植物生长的多重需要^[2-4]。麦饭石的溶出物大多能直接或间接地参与光合作用, 使作物绿色面积增大, 叶面积系数增加^[5]。例如, 镁是多种酶的辅因子, 是植物叶绿素和维生素的重要组成部分; 锌是电子传递的重要辅酶因子, 与植物叶绿体和线粒体的形成密切相关; 铁可直接参与电子传递、氧化应激、固氮和激素合成^[6-7]。前人研究发现, 将麦饭石溶出物用以浸种或叶面喷施, 可以促进种子萌发、根系生长乃至农作物整个生育期的生长发育, 对水稻、大豆、花生、紫云英等的增产效果明显^[8]。目前, 麦饭石肥料在水体植物^[9-10]、葡萄^[11]、小白菜^[12]、苋菜^[12]、小麦^[13]、黑麦草^[14]、荞麦^[15]等作物上得到了广泛应用。前人研究表明,

麦饭石疏松多孔, 可为根际微生物提供更好的繁殖条件, 对作物生长^[16-18]、调节土壤酸碱性和改良土壤结构有明显作用^[19-20]。在农业生产上, 可将麦饭石肥料用于底施、追施、浸种、拌种和喷施等。

目前在烟草上针对麦饭石肥料的研究尚少。来凤雪茄烟叶存在叶片大而薄、燃烧性差、烟灰发黑、香气量不足等问题, 拟通过增施富矿质元素肥料以补充其烟叶内含物质来解决。本文通过麦饭石肥料在湖北省来凤雪茄烟田的应用, 研究了不同施用量下麦饭石肥料对来凤雪茄烟品质的影响, 以期麦饭石肥料在来凤雪茄烟上的推广应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

试验于 2019 年 4 ~ 9 月在湖北省恩施市来凤县百福司镇进行, 平均海拔 500 m, 供试品种为印尼 BES NO H382, 供试土壤为水稻土, 土壤基础肥力为: 有机质 25 g/kg, pH 6.0, 碱解氮 111.5 mg/kg, 速效钾 69.0 mg/kg, 有效磷 17.5 mg/kg。麦饭石肥料为矿物肥, 主要化学成分含量见表 1。

1.2 试验方法

采用大田大区试验, 共设置 4 个处理。CK: 常规施肥; T1: 常规施肥 +450 kg/hm² 麦饭石矿物肥; T2: 常规施肥 +900 kg/hm² 麦饭石矿物肥; T3: 常规施肥 +1350 kg/hm² 麦饭石矿物肥。每个处理重复 3 次, 小区面积约 300 m²。烟田常规施肥按照当

收稿日期: 2021-01-05; 录用日期: 2021-05-14

基金项目: 湖北中烟工业有限责任公司科学研究与技术开发项目 (第三批) “来凤雪茄原料优质茄衣生产技术研究” (鄂烟工 [2019] 144 号)。

作者简介: 吴创 (1992-), 硕士研究生, 助理工程师, 从事雪茄烟生产配方研究。E-mail: wuchuang0523@163.com。

通讯作者: 刘利平, E-mail: liulp@sx.hbtobacco.cn。

地施肥方案进行,麦饭石矿物肥与其他肥料混匀后作为基肥条施于烟田。试验地每公顷施用花生饼肥(N:P₂O₅:K₂O=6.34:1.17:1.34)1000 kg、复合肥(N:P₂O₅:K₂O=18:4:19)500 kg、硝酸钾肥(N:K₂O=2.7:8.9)400 kg、钙镁磷肥(P₂O₅ 18%)1700 kg、麦饭石矿物肥。

表 1 麦饭石主要化学成分分析

成分	氧化物含量 (%)	成分	主要微量元素含量 (mg/kg)	成分	重金属元素含量 (mg/kg)
SiO ₂	64.01	Sr	508.11	Pb	3.90
Al ₂ O ₃	17.43	Li	40.91	Cd	0.11
CaO	2.41	Zn	71.15	Hg	<0.001
MgO	1.17	Co	13.38	As	0.81
K ₂ O	3.36	Ni	14.33		
Fe ₂ O ₃	3.78	Se	0.51		
Na ₂ O	5.21	Sn	1.77		
P ₂ O ₅	0.22	Cu	11.81		
TiO ₂	0.49	Mo	2.45		

1.3 测定项目与方法

1.3.1 烟叶农艺性状测定

分别于移栽后 30、50、70 d 取有代表性的烟株 3 株,根据 YC/T 142-1998《烟草农艺性状调查方法》测定烟株株高、茎围、叶片数、腰叶长度和腰叶宽度。

1.3.2 物理性状测定

将烟叶放置在恒温恒湿箱(Binder KBF 240)中,设置相对湿度为 60%、温度为 22℃,平衡水分 48 h 后,随机抽取 50 片烟叶制备鉴定样品。测定单叶重、叶质重、平衡含水率、含梗率、叶片厚度和拉力 6 个物理特性指标,具体测定方法参照烟草物理检测法^[21]。

1.3.3 常规化学成分测定

按照现行行业标准及方法测定烟叶样品的总糖含量、烟碱含量、钾含量、氯含量和总氮含量^[22-26]。

1.3.4 矿质元素测定

矿质元素采用干灰化法进行测定。称取样品 0.4 g 于坩埚中,用 95% 乙醇 3~4 滴湿润,然后置于马弗炉 100℃ 稳定 30 min,再升温至 250℃ 稳定 1 h,再升至 500℃ 稳定 3 h,冷却后用 5% 硝酸溶解、洗涤,过滤至 50 mL 容量瓶中,用 5% 硝酸定容至 50 mL,最后稀释 10 倍,用 ICP 法进行测定。测定数据为 3 次随机取样测定的平均值。

1.3.5 中性致香物质测定

采用萃取法提取中性致香物质并使用 HP5890-5972 气质联用仪对其含量进行测定。在蒸馏萃取

装置的一端接盛有 20 g 烟样(过 0.25 mm 筛)、600 mL 蒸馏水、2 g 柠檬酸的 1000 mL 圆底烧瓶,加热;装置的另一端接盛有 1 mL 内标和 40 mL 二氯甲烷的 250 mL 圆底烧瓶,水浴加热,水浴温度为 60℃,蒸馏萃取 2.5 h,萃取完成后,加入 10 g 无水硫酸钠干燥有机相,然后于 60℃ 水浴中浓缩至 1 mL 左右即得提取液。所得分析样品使用 GC/MS 进行结果鉴定并使用 NIST 库检索定性^[27]。

1.3.6 感官质量评价

将烟叶样品去梗,回潮至含水率为(15±0.5)%;将回潮后的烟叶卷制成长 50 mm、直径 10 mm 的单料烟样品待用,并对卷制样品进行基本信息标记;雪茄样品经卷制后保存在 18℃、相对湿度(68±1)%的环境中平衡水分,评吸前将样品放置于室温环境中醒茄 10 h 以上,供感官评吸使用^[28]。样品评价由湖北中烟工业有限责任公司三峡卷烟厂专家品吸,采用 9 分制打分方法,打分细则见表 2。

1.4 数据分析

采用 Excel 2013、SPSS 20.0 进行数据整理和分析。

2 结果与分析

2.1 麦饭石肥料对湖北省来凤雪茄烟叶农艺性状的影响

雪茄烟的农艺性状受栽培管理措施的影响较大,不同的管理条件下株高、茎围、叶片大小等表现出较大差异。农艺性状能直接反映产量潜力和质

表 2 雪茄烟评吸打分细则

指标	分值								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
香气质	很好	好	较好	稍好	中	稍差	较差	差	很差
香气量	充足	足	较足	尚足	中	稍有	较淡	少	很少
透发程度	很透发	透发	较透发	略显透发	中	稍沉闷	较沉闷	沉闷	不透发
杂气	很轻	轻	较轻	尚轻	中	稍重	较重	重	很重
浓度	很浓	浓	较浓	稍浓	中	稍淡	较淡	淡	很淡
劲头	很大	大	较大	稍大	中	稍小	较小	小	很小
细腻度	很细腻	细腻	较细腻	稍细腻	中	稍粗糙	较粗糙	粗糙	很粗糙
成团性	很强	强	较强	稍强	中	稍弱	较弱	弱	很弱
干净程度	很干净	干净	较净	尚干净	中	稍有	略有	有残留	不干净
刺激性	很小	小	较小	稍小	中	稍大	较大	大	很大
灰色	灰白	浅白	较白	稍白	中	稍黑	较黑	黑	很黑
燃烧性	很好	好	较好	稍好	中	稍差	较差	差	熄火
甜度	很强	强	较强	稍强	中	稍弱	较弱	弱	很弱

量潜质,因此,研究雪茄烟的农艺性状十分重要。如表 3 所示,低施用量的麦饭石肥料对烟株农艺性状有促进作用,而高施用量则表现出抑制作用,这一研究结果与万德建等^[29]的研究结果相近。移栽后 30 d,与常规施肥相比,T1 处理下各项指标增加最显著,株高、茎围、有效叶片数、最大叶长、最大叶宽和最大叶面积分别是 CK 的 1.51、1.29、1.00、1.17、1.32 和 1.54 倍,且除有效叶片数外差异均达到显著水平。移栽后 50 d,T1 处理与 CK 相比,仅在株高上表现出显著性差异;T2 与 T3 处理差异不显

著,但与 T1 处理和 CK 间差异显著。移栽后 70 d,烟株表现出与移栽后 30 d 时规律相同。综合整个生长发育时期可以看出,在移栽后 30 d,T1 处理下的烟株生长较快,移栽后 30 ~ 50 d 时,CK 烟株的生长较快而 T1 相对较慢,但在移栽后 50 ~ 70 d,T1 处理下的烟株又迅速生长。本次试验最终表现为在常规施肥的基础上每公顷增施 450 kg 麦饭石肥料,株高、茎围、最大叶宽、最大叶长和最大叶面积各项农艺性状指标被显著提高。但过度施用该肥料,将抑制除有效叶片数之外的其他农艺性状指标。

表 3 麦饭石肥料对来凤雪茄烟烟叶农艺性状的影响

移栽后天数 (d)	处理	株高 (cm)	茎围 (cm)	有效叶片数 (片)	最大叶长 (cm)	最大叶宽 (cm)	最大叶面积 (cm ²)
30	CK	40.21b	4.56b	8a	34.65b	22.56b	495.99b
	T1	60.82a	5.87a	8a	40.54a	29.76a	765.51a
	T2	37.43b	3.85c	8a	30.55c	20.09c	389.42c
	T3	24.57c	3.22d	7a	26.67d	16.34d	276.51d
50	CK	99.43b	6.27a	18a	44.90a	29.24a	833.02a
	T1	125.55a	6.45a	18a	45.23a	34.44a	988.37a
	T2	90.76c	5.03b	17a	39.44b	24.22b	606.10b
	T3	84.34d	5.03b	17a	38.22b	23.11b	560.43b
70	CK	164.45b	6.45b	21a	52.32b	32.23b	1069.94b
	T1	224.10a	7.22a	22a	56.20a	38.89a	1386.77a
	T2	107.41c	5.25c	22a	42.19c	28.63c	766.41c
	T3	94.23d	5.61d	21a	40.01c	25.19c	639.48d

注:表中同一列中不同小写字母表示处理间差异达显著水平($P<0.05$)。下同。

2.2 麦饭石肥料对来凤雪茄烟叶物理特性的影响

物理特性是评价烟叶工业可用性的重要指标, 优质烟叶要求各项物理性状均衡协调。由表 4 可知, 与常规施肥相比, 施用麦饭石肥料对来凤雪茄烟叶的各项物理指标在不同程度上均有所改善。随着施用量的增加, 单叶重和厚度均呈先降低后升高的趋势, 叶质重、平衡含水率和拉力表现为逐渐升

高的趋势, 而含梗率则逐渐降低。T1 处理下的烟叶单叶重、叶片厚度均显著优于其他处理, 相对 CK 分别提高 32%、40%。说明施用麦饭石肥料能显著提高烟叶单叶重、叶质重、平衡含水率、叶片厚度、拉力, 并显著降低烟叶含梗率, 从而提高烟叶物理质量。

表 4 麦饭石肥料用量对来凤雪茄烟叶物理特性的影响

处理	单叶重 (g)	叶质重 (mg/cm ²)	平衡含水率 (%)	含梗率 (%)	叶片厚度 (mm)	拉力 (N)
CK	2.75c	26.04d	19.88c	19.50a	0.065d	1.09d
T1	3.63a	31.78c	26.80b	18.92b	0.091a	1.28c
T2	2.77b	48.66b	37.13a	18.17c	0.084c	1.31b
T3	2.31d	48.97a	36.38a	17.88d	0.087b	1.40a

2.3 麦饭石肥料对来凤雪茄烟叶常规化学成分的影响

烟叶化学成分组成及协调性是评价烟叶综合质量的重要指标。总糖和还原糖的含量对烟叶甜度影响较大, 总氮和烟碱将直接影响烟叶的刺激性和满足感, 钾和氯的积累对烟叶燃烧性有直接影响。从表 5 可以看出, 与常规施肥相比, 施用麦饭石肥料对烟叶总糖、还原糖和总氮含量的影响并不显著,

但能显著增加烟碱含量, 对钾和氯含量表现出先增加后降低的趋势。在 T1 处理下, 钾和氯含量分别为 $(5.98 \pm 0.24)\%$ 和 $(1.01 \pm 0.03)\%$, 较 CK 分别增加 46.08% 和 90.57%, 且与其他处理差异达到显著水平。糖碱比和氮碱比在 T1 处理下与 CK 相比无显著性差异, 钾氯比则显著降低。由此可以看出, 低量施用麦饭石肥料能够促进烟株对钾、氯和烟碱的吸收和积累, 且对氯的促进作用更大。

表 5 麦饭石肥料对来凤雪茄烟叶常规化学成分的影响

处理	总糖 (%)	还原糖 (%)	总氮 (%)	氯 (%)	钾 (%)	烟碱 (%)	糖碱比	氮碱比	钾氯比
CK	$0.60 \pm 0.06a$	$0.30 \pm 0.08a$	$3.11 \pm 0.18a$	$0.53 \pm 0.03b$	$4.08 \pm 0.21c$	$3.81 \pm 0.19b$	$0.10 \pm 0.02a$	$1.22 \pm 0.02a$	$7.69 \pm 0.11c$
T1	$0.74 \pm 0.06a$	$0.37 \pm 0.05a$	$3.26 \pm 0.17a$	$1.01 \pm 0.03a$	$5.98 \pm 0.24a$	$4.04 \pm 0.22a$	$0.11 \pm 0.03a$	$1.24 \pm 0.02a$	$5.92 \pm 0.19d$
T2	$0.68 \pm 0.05a$	$0.32 \pm 0.02a$	$3.36 \pm 0.18a$	$0.39 \pm 0.02d$	$4.41 \pm 0.23c$	$4.06 \pm 0.21a$	$0.09 \pm 0.02b$	$1.21 \pm 0.02a$	$11.41 \pm 0.12a$
T3	$0.66 \pm 0.06a$	$0.31 \pm 0.05a$	$3.36 \pm 0.19a$	$0.47 \pm 0.03c$	$4.92 \pm 0.21b$	$4.08 \pm 0.22a$	$0.09 \pm 0.03b$	$1.21 \pm 0.01a$	$10.56 \pm 0.17b$

2.4 麦饭石肥料对来凤雪茄烟叶矿质元素积累的影响

矿质元素是烟灰灰分的重要组成部分, 也是烟叶重要的内含物质, 丰富的矿质元素有利于烟叶综合质量的提升。由表 6 可以看出, 施用麦饭石肥料可显著增加烟株对矿质元素的吸收和积累, 随着麦饭石肥料施用量的增加, 锰、磷和锌变化规律相似, 均表现为先升高后降低的趋势, 积累量在 T1 处理达到最大, 较 CK 分别增加 23.08%、10.72% 和 40.49%。铜、钠、钙和镁则表现为施用麦饭石

肥料的处理均高于 CK。综合麦饭石肥料化学成分分析, 烟叶矿物质含量的大量增加大概与麦饭石中含有大量的氧化物 (0.22% 的 P_2O_5 、 5.21% 的 NaO 、 2.41% 的 CaO 和 1.17% 的 MgO)、微量元素 (71.15 mg/kg 的 Zn) 有关, 麦饭石肥料的合理施用一方面增加了土壤中矿物质的浓度, 另一方面能够有效改善植物根系生长环境, 有利于增强根系形态和生理活性, 从而促进烟株对矿物质元素的吸收和积累^[30]。因此, 合理施用麦饭石肥料可在一定程度上增加烟叶内多种矿物质的含量。

表 6 麦饭石肥料对来凤雪茄烟叶矿质元素积累的影响

(mg/kg)

处理	铜	铁	锰	钠	磷	锌	钙	镁
CK	0.09b	1.21b	3.12b	0.26d	13.81b	1.63b	9.38d	1.52d
T1	0.14a	1.00b	3.84a	0.36c	15.29a	2.29a	10.47c	2.09c
T2	0.16a	1.15b	2.57c	0.64b	13.50b	1.34b	12.11b	2.53b
T3	0.16a	1.64a	3.57b	0.96a	13.40b	1.50b	15.06a	2.63a

2.5 麦饭石肥料对来凤雪茄烟叶中性致香物质的影响

致香物质指分子量小、具有挥发性、可以作用于人的嗅觉器官、使人产生愉悦感觉的化学成分, 直接影响了烟叶的品质, 很大程度上决定了烟叶品质的优与劣, 是评定烟草及其制品的重要因素之一^[31]。烟草致香物质的代谢包括香气前体物的合成、降解, 香气成分的形成、转化等过程, 中性挥发性香气成分对烟叶香气品质有重要的贡献^[31]。研究表明, 叶绿素降解产物新植二烯能显著增加烟草的植物香气^[31-33], 类胡萝卜素降解产物不仅能增加致香物质含量, 还能生成促进香味物质合成的化合物, 例如大马酮可增加烟叶花香特征, 巨豆三烯酮具有花香和木香风格^[31]。由表

7 可知, 叶绿素降解产物新植二烯的含量最高, 为 820.69 ~ 1053.00 $\mu\text{g/g}$; 类胡萝卜素降解产物、芳香族氨基酸降解产物和西柏烷类降解产物茄酮的含量次之, 分别为 114.15 ~ 146.53、59.62 ~ 80.68 和 62.16 ~ 79.78 $\mu\text{g/g}$; 棕色化反应产物和其他类的含量最低, 分别为 12.05 ~ 31.23 和 4.01 ~ 5.43 $\mu\text{g/g}$ 。施用麦饭石肥料可使烟叶内芳香族氨基酸降解产物总量, 美拉德反应(棕色化反应)产物总量、西柏烷类降解产物总量和叶绿素降解产物含量增加, 且以 T1 最高, 较 CK 分别增加 30.90%、159.17%、28.35% 和 6.31%。香气总量表现为 T1 水平最优, 较 CK 增加 7.30%, 说明麦饭石肥料施用量在 T1 水平对烟叶香气物质的积累有促进作用。

表 7 麦饭石肥料对来凤雪茄烟叶中性致香物质成分含量的影响

($\mu\text{g/g}$)

香气物质名称		CK	T1	T2	T3
芳香族氨基酸降解产物	苯甲醛	4.81	7.70	7.63	2.70
	苯甲醇	8.85	13.72	14.23	17.41
	苯乙醇	11.65	21.13	21.54	18.35
	苯乙醛	34.31	35.49	37.28	25.02
	小计	59.62	78.04	80.68	63.48
棕色化反应产物	糠醛	6.91	12.63	8.45	8.24
	糠醇	0.73	4.50	2.94	3.03
	5-甲基糠醛	3.66	12.06	5.32	4.03
	3, 4-二甲基-2, 5-呋喃二	0.54	1.82	1.16	1.01
	2-乙酰基呋喃	0.21	0.22	0.21	0.22
	2-乙酰基吡咯	—	—	—	—
	小计	12.05	31.23	18.08	16.53
西柏烷类降解产物	茄酮	62.16	79.78	76.08	77.10
类胡萝卜素降解产物	法尼基丙酮	22.01	19.42	18.62	23.66
	β -大马酮	16.48	13.15	14.50	14.77
	β -二氢大马酮	11.92	8.99	11.59	12.99
	3-羟基- β -二氢大马酮	12.64	8.66	10.87	12.34

(续表)

	香气物质名称	CK	T1	T2	T3
类胡萝卜素降解产物	香叶基丙酮	5.08	6.70	5.39	6.74
	二氢猕猴桃内脂	12.00	12.76	11.95	13.21
	巨豆三烯酮 1	5.47	4.32	4.86	5.87
	巨豆三烯酮 2	27.24	19.95	23.41	29.25
	巨豆三烯酮 3	0.65	0.48	0.53	0.61
	巨豆三烯酮 4	21.20	16.02	18.37	23.93
	6- 甲基 -5- 庚烯 -2- 醇	0.91	0.48	0.29	0.71
	6- 甲基 -5- 庚烯 -2- 酮	1.04	1.83	1.32	1.29
	氧化异佛尔酮	0.75	0.95	0.71	0.74
	b- 环柠檬醛	0.50	0.44	0.39	0.42
	小计	137.89	114.15	122.80	146.53
其他类	螺岩兰草酮	0.97	0.75	1.09	1.18
	芳樟醇	1.52	1.55	1.61	1.85
	藏花醛	0.19	0.19	0.14	0.15
	愈创木酚	0.58	0.57	0.54	0.58
	2, 6- 壬二烯醛	2.17	0.99	0.63	1.66
	小计	5.43	4.05	4.01	5.42
叶绿素降解产物	新植二烯	990.52	1053.00	907.57	820.69
香气总量		1267.67	1360.25	1209.22	1129.75

2.6 麦饭石肥料对来凤雪茄烟叶评吸的影响

由表 8 可知, 香气质、香气量、透发程度、劲头、成团性、燃烧性、灰色、甜度以及品质指标总

分均表现为 T1>T2>CK>T3; 并且 T1 处理刺激性最小, 杂气最低。T1 处理品质指标总分为 71.9, 相对于 CK 的 62.0 提高了 16.0%。

表 8 麦饭石肥料对来凤雪茄烟叶评吸的影响

处理	香气质	香气量	透发程度	杂气	浓度	劲头	细腻程度	成团性	干净程度	刺激性	灰色	燃烧性	甜度	品质指标总分
CK	4.5	4.5	4.0	5.0	5.0	4.0	6.0	4.0	6.0	7.0	3.0	3.0	6.0	62.0
T1	5.5	5.5	5.0	4.5	5.5	5.0	6.0	5.5	5.5	6.0	5.0	5.0	6.9	71.9
T2	4.2	4.2	4.5	4.0	5.5	4.5	6.0	4.5	5.5	6.0	4.0	4.5	6.5	63.9
T3	4.0	4.0	4.5	5.0	5.5	4.2	5.5	4.0	5.5	6.0	3.0	3.0	6.0	59.2

3 讨论与结论

麦饭石肥料属于矿物质肥料, 研究表明矿物质肥料的施用能够有效促进烟株根系生长发育^[30]。而过量施用矿物质肥料, 导致肥料营养元素溶出过量, 对烟株根系产生毒害效应, 不利于根系生长发育^[34-35]。铅^[36-37]、镉^[37-39]对烟株生长发育具有胁迫作用, 抑制烟株株高, 减小叶面积等, 这与本研究结果相同。从本次试验结果可以看出, 在常规施肥的基础上每公顷增施 450 kg 麦饭石肥料, 可显著

提高烟株各农艺性状指标, 但过度施用麦饭石肥料则会产生抑制作用。在移栽后 70 d, 烟株的株高、茎围、最大叶长、最大叶宽及最大叶面积均表现为 T1 处理优于 CK, 而 T2 和 T3 处理低于 CK。这可能是由于麦饭石原料中含有少量铅、铬、汞等重金属元素, 麦饭石肥料的过量施用使得土壤中的重金属元素增加, 从而对烟株生长造成胁迫。物理特性是评价雪茄烟叶工业可用性的重要指标^[40]。与常规施肥相比, 增施麦饭石肥料对烟叶各物理特性指标均有不同程度的改善, 其中施用麦饭石 450

kg/hm²的烟叶单叶重、叶质重、叶片厚度和平衡含水率最高,并显著降低烟叶含梗率。来凤雪茄烟叶相比国内其他产区,烟叶表现出大而薄的特性,该特性会在一定程度上影响烟叶的工业可用性,而T1处理显著提高了烟叶厚度及单叶重,很好地改善了来凤雪茄烟叶过薄的物理性状,因此就物理性状而言T1处理最适合来凤产区。目前,来凤雪茄烟叶存在的最突出问题为配伍性差。化学成分是否协调将对烟叶配伍性产生直接影响^[41-42]。施用麦饭石肥料能够明显促进烟株对钾的吸收和积累,同时提高烟叶内氯含量,这大概与麦饭石中含有17.43% Al₂O₃和3.36% K₂O有关。钾有助于烟叶燃烧而氯却不利于烟叶燃烧,在本次试验的T1处理下,虽然钾含量大量提升,但是钾氯比却降低了,这个问题在后续的研究中值得被重视。在矿质元素方面,一定范围内施用麦饭石肥料能够增加烟叶内锰、磷、锌的积累量,其施用量与烟叶内锰、钠、钙和镁的积累量呈正相关关系,与铜的积累无明显影响。这些矿质元素的积累有利于烟气的形成,也是烟灰的重要组成成分。在致香物质方面,施用麦饭石肥料能够提高芳香族氨基酸降解产物总量、美拉德反应产物总量以及香气总量。在感官评吸方面,麦饭石肥料施用量能提高烟叶香气质与香气量,T1处理相对于CK品质指标总分提高了16%。

综上所述,在常规施肥的基础上增施麦饭石矿物肥,能够有效提高烟株田间农艺性状,为烟株生物量积累和产量构成奠定基础;在工业可用性方面,增施麦饭石矿物肥能够有效改善烟叶物理特性,提高其化学成分的协调性,增加中性致香物质的含量和提高感官评吸质量。在施用量上,T1处理表现最好。由于前人关于麦饭石施肥量对雪茄烟叶品质的研究较少,未找到合理的参考施用量,本次试验设置的3个施肥梯度跨度较大,从本次试验的结果中可以看出,麦饭石肥料对来凤雪茄烟叶品质的提升有一定的促进作用,但具体的最佳施肥标准还有待进一步细化,从而达到进一步提高来凤雪茄烟叶整体品质的目的。另一方面,麦饭石肥料中的化学成分较为复杂,含有氧化物、微量元素以及重金属元素,多种元素的相互作用才对雪茄烟的品质造成影响,在此后的研究中也从元素角度着手进行下一步的研究。本次试验中叶片的叶质重、平衡含水率、拉力以及叶片中的钠、钙、镁等矿质元

素是随着麦饭石肥料施用量的增加而增加的,但考虑到来凤雪茄烟叶的基本特征,推荐T1处理为最优处理。因此,在其他产区上进行试验时可根据当地烟区烟叶特性而进行进一步探索。

参考文献:

- [1] 王斌. 南阳麦饭石性能及改性研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2009.
- [2] 周兴华, 向泉, 王友慧. 麦饭石在水产养殖中的应用[J]. 水产科技情报, 2002, 29(2): 76-78.
- [3] 高宝钢. 石墨炉原子吸收光谱法测定麦饭石浸液中铅镉锌钾钠铁锰等微量元素[J]. 中国环境监测, 1988(5): 51-52.
- [4] 任娟, 刘玖伟, 冯雷. 中华麦饭石中提取矿物质的工艺研究[J]. 矿产综合利用, 2020(2): 75-81, 70.
- [5] 抚松. 利用麦饭石改良中低产田[J]. 吉林农业, 2017(10): 7.
- [6] Dalcorsio G, Manara A, Furini A. An overview of heavy metal challengein plants: from roots to shoots[J]. Metallomics, 2013, 5(9): 1117-1132.
- [7] Karin H, Weih M, Eriksson J, et al. Influence of nitrogen supply on macro-and micronutrient accumulation during growth of winter wheat[J]. Field Crops Research, 2017, 213: 118-129.
- [8] 孙睿, 邵红, 程海涛, 等. 麦饭石在农业中的应用及展望[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版), 2006(2): 305-307.
- [9] 骆凤, 张义, 韩帆, 等. 硅酸盐矿物麦饭石对沉水植物苦草(*Vallisneria spiralis*)生长的促进效应[J]. 湖泊科学, 2020, 32(4): 999-1007.
- [10] 韩帆, 刘子森, 严攀, 等. 硅酸盐矿物麦饭石对沉水植物生理生态的影响[J]. 水生生物学报, 2019, 43(6): 1353-1361.
- [11] 史海莉, 刘利鸿, 陈攀红, 等. 叶面喷施天然矿物肥对“巨峰”葡萄品质和抗氧化酶活性的影响[J]. 北方园艺, 2016(3): 13-16.
- [13] 周江明, 韩文亮, 宋元瑞, 等. 二次活化的麦饭石粉拌种对小麦生长及产量因素的影响试验研究[J]. 农业科技通讯, 2019(1): 75-77.
- [14] 肖亮亮, 丁园. 药渣生物炭基质联合麦饭石对土壤-黑麦草体系的调控与机制[J]. 环境科学, 2019, 40(10): 4668-4677.
- [15] 张乐宏, 付建瑞, 李岩, 等. 麦饭石水培养养麦芽的发芽工艺及麦芽的抗氧化活性[J]. 现代食品科技, 2018, 34(7): 187-195.
- [16] Urakawa H, Dettmar D L, Thomas S. The uniqueness and biogeochemical cycling of plant root microbial communities in a floating treatment wetland[J]. Ecological Engineering, 2017, 108: 88-89.
- [17] 李娜, 周俊, 朱江, 等. 麦饭石矿物肥施用效果试验[J]. 中国土壤与肥料, 2012(3): 85-89.

- [18] 潘殿莲, 林卫卫, 牟悦龙, 等. 多元矿物肥在苹果生产中的应用效果 [J]. 山东农业科学, 2010 (6): 72-73.
- [19] 孙蓓蓓. 几种矿物源土壤调理剂对土壤养分、酶活性及微生物特性的影响 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.
- [20] 张振华. 麦饭石作为土壤调理剂在不同作物上的应用效果研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
- [21] 吉书文, 腾兆波. 烟草物理检测 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1997.
- [22] YC/T 159-2002 烟草及烟草制品水溶性糖的测定连续流动法 [S].
- [23] YC/T 216-2002 烟草及烟草制品还原糖的测定连续流动法 [S].
- [24] YC/T 161-2002 烟草及烟草制品总氮的测定连续流动法 [S].
- [25] YC/T 217-2002 烟草及烟草制品钾的测定连续流动法 [S].
- [26] YC/T 218-2002 烟草及烟草制品氯的测定连续流动法 [S].
- [27] 周海燕, 苏菲, 孙军伟, 等. 生态环境对白肋烟上部叶的品质和中性香气成分的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2013, 21 (7): 844-852.
- [28] 李秀妮, 闫铁军, 吴风光, 等. 全球主要产地雪茄烟叶的风味特征初探 [J]. 中国烟草学报, 2019, 25 (6): 126-132.
- [29] 万德建, 吴创, 李秀妮, 等. 麦饭石矿物肥对海南茄农生理特性及工业可用性的影响 [J]. 中国农业科技导报, 2018, 20 (8): 108-118.
- [30] 周辉. 不同肥料配施对烤烟生长发育、品质及土壤养分的影响 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2011.
- [31] 史宏志, 刘国顺. 烟草香味学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [32] 周淑平, 肖强, 陈叶君, 等. 不同生态地区初烤烟中重要致香物质的分析 [J]. 中国烟草学报, 2004, 10 (1): 13-20.
- [33] 张锦韬. 红大烟叶化学成分与感官评吸质量特征及相互关系研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2011.
- [34] 张翔, 翟文汇, 孙大为, 等. 有机钾肥和钾硅钙矿物肥对烤烟生长及烟叶产量质量的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2014 (6): 71-75.
- [35] 黄燕燕, 朱安繁, 邹绍文, 等. 钾硅钙微孔矿物肥对花生生产及土壤性状的影响 [J]. 江西农业学报, 2015, 27 (12): 74-77.
- [36] 邵慧芸, 张阿凤, 李紫玥, 等. 生物炭对烤烟生长、根际土壤性质及叶片重金属含量的影响 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2019, 47 (8): 46-54.
- [37] 黄化刚, 刘世碧, 班国军, 等. 多孔改良剂对毕节烟区植烟土壤重金属铬镉铅的影响 [J]. 土壤, 2019, 51 (2): 346-351.
- [38] 刘领, 悦飞雪, 李继伟, 等. 镉胁迫下生物炭与锌/钾叶面肥促进烟草生长降低镉富集的协同效应 [J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25 (6): 982-990.
- [39] 梁仲哲, 齐绍武, 谈俊豪, 等. 生物炭对镉胁迫下烟草镉含量动态变化及土壤理化性质的影响 [J]. 江苏农业科学, 2018, 46 (1): 56-59.
- [40] 秦艳青, 李爱军, 范静苑, 等. 优质雪茄茄衣生产技术探讨 [J]. 江西农业学报, 2012, 24 (7): 101-103.
- [41] 杨兴有, 靳冬梅, 李爱军, 等. 四川万源市烟区生态条件与雪茄烟叶质量分析 [J]. 中国烟草学报, 2017, 23 (1): 69-76.
- [42] 谭绍安, 田煜利, 刘学兵, 等. 雪茄烟叶加湿堆积发酵技术研究与应用 [J]. 安徽农业科学, 2017, 45 (23): 80-83.

Effect of fertilizer application rate of maifanite on quality of Laifeng cigar tobacco leaf

WU Chuang, SHI You-zhi, PAN Yong, WANG Jian, HU Jie, JIA Meng-zhu, TAN Zai-yu, LIU Yang, LIU Li-ping*
(China Tobacco Hubei Industry LLG, Yichang Hubei 443000)

Abstract: The influence of the amount of maifanite fertilizer on the quality of Laifeng cigar tobacco leaves was analyzed to provide a theoretical reference for the regulation of Laifeng cigar tobacco fertilization and provide a usable way for the development of local abundant maifanite fertilizer resources. Using Indonesian BES NO H382 as the test variety, 3 fertilization gradients were set up for low, medium, high (450, 900, 1350 kg/hm²) level of maifanite fertilizer, and the effects of maifanite fertilizer on the agronomic characteristics, physical properties, conventional chemical composition, mineral element content, neutral aroma substances and the influence of sensory evaluation of cigar tobacco were studied. The results showed that the reasonable application of maifanite fertilizer significantly increased plant height, maximum leaf length, maximum leaf width, maximum leaf area and other agronomic indicators; single leaf weight, leaf thickness and other physical indicators were significantly increased, and the stalk rate was significantly reduced; the potassium content and mineral content were significantly increased; the aroma quality, aroma volume, sweetness and combustibility of tobacco leaves were improved. Therefore, applying appropriate amount of maifanite fertilizer can effectively promote the growth and development of tobacco plants and improve the quality of tobacco leaves, and the effect of conventional fertilization combined with 450 kg/hm² maifanite fertilizer is the best.

Key words: Laifeng cigar; maifanite fertilizer; cigar tobacco leaf; quality