

网络出版时间:2021-11-11 15:54

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2022.05.006

网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20211110.1033.005.html

增施不同促根剂对皖南烤烟生长和品质的影响

彭润润¹,李举旭¹,郑 好²,张小全¹,武云杰¹,李洪臣³,蔡文龙¹,刘晓晖⁴

(1 河南农业大学 烟草学院,河南 郑州 450002;2 武汉乐道物流有限公司,湖北 武汉 430048;

3 河南省烟草公司三门峡市公司,河南 三门峡 472000;4 深圳烟草工业有限责任公司,广东 深圳 518109)

【摘要】【目的】研究增施不同促根剂对烤烟生长发育和品质的影响,为皖南优质烟叶生产提供依据。【方法】以正常施肥为对照(CK),比较了正常施肥基础上增施黄腐酸钾(TPFA)、 γ -聚谷氨酸(TPGA)、熟芝麻(TCSS)、松土促根剂(TRLA)和豆浆灌根(TSRI)条件下烟株生长发育及烟叶产量和质量的差异。【结果】在正常施肥基础上增施 5 种促根剂,可以促进烟株根系发育,增加烟株干物质积累,而且 TPFA 和 TPGA 处理的烟株生长发育较快,叶片大,移栽后 95 d 全株干物质质量较 CK 分别增加了 39.00%和 61.22%;TPGA 和 TSRI 处理可有效提高烤烟产量、产值和上等烟比例,其中 TSRI 处理烤烟的产量和产值较 CK 分别增加 8.85%和 12.53%;TPFA、TPGA、TRLA 和 TSRI 处理可改善烤烟上部叶颜色、提高单叶质量,增强叶片拉力和粘附力,显著提高中部叶的钾含量,增加上部叶香气质和香气量。【结论】皖南烟区,在正常施肥基础上增施 γ -聚谷氨酸和豆浆灌根均可有效促进烟株根系生长,提高烤烟产量、产值和上等烟比例,增加烟叶钾含量和香气量,改善烟叶品质,具有潜在的推广价值。

【关键词】 皖南烟区;促根措施;烤烟;烟叶质量

【中图分类号】 S572.044

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2022)05-0048-10

Effects of different root-promoting practices on growth and quality of flue-cured tobacco in southern Anhui

PENG Runrun¹, LI Juxu¹, ZHENG Hao², ZHANG Xiaoquan¹,

WU Yunjie¹, LI Hongchen³, CAI Wenlong¹, LIU Xiaohui⁴

(1 College of Tobacco Sciences, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China;

2 Wuhan Ledao Logistics Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430048, China; 3 Sanmenxia Company of Henan Tobacco Corporation,

Sanmenxia, Henan 472000, China; 4 Shenzhen Tobacco Industry Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518109, China)

Abstract: 【Objective】The effects of different root-promoting practices on growth and quality of flue-cured tobacco were studied to provide basis for the production of high-quality tobacco in southern Anhui. 【Method】The differences in growth and development indexes of tobacco plants as well as yield and quality indexes of tobacco leaves were analyzed between the treatments of applying fulvic acid potassium (TPFA), γ -polyglutamic acid (TPGA), cooked sesame (TCSS), soil root promoter (TRLA) and irrigation with soybean milk (TSRI) on the basis of normal fertilization. The normal fertilization (CK) was used as control. 【Result】Compared with CK, all root-promoting practices could promote development of tobacco roots and increase accumulation of dry matter. The tobacco plants grew rapidly and had larger leaves in TPFA and TPGA treatments compared with CK, and the dry matter of whole plants at 95 d after transplanting was in-

【收稿日期】 2021-06-21

【基金项目】 河南省重点研发与推广专项(科技攻关)项目(202102110023);河南省烟草公司三门峡市公司项目(202041120020053);湖北中烟工业有限责任公司项目(2018420000340359)

【作者简介】 彭润润(1995—),男,河南淮阳人,在读硕士,主要从事烟草品种改良研究。E-mail:marun1100@163.com

【通信作者】 张小全(1980—),男,河南博爱人,副教授,主要从事烟草品种改良研究。E-mail:zxq013415@163.com

creased by 39.00% and 61.22%, respectively. The yield, output value and proportion of high-grade leaves were significantly improved in TPFA and TSRI treatments. Compared with CK, the yield and output value of flue-cured tobacco treated with TSRI were increased by 8.85% and 12.53%, respectively. The color of upper leaves, average leaf weight, tensile force and adhesion force of leaf were improved, the potassium content of middle leaves was significantly increased, and the aroma quality and aroma quantity of upper leaves were increased in TPFA, TPGA, TRLA and TSRI treatments in comparison with CK. 【Conclusion】 The application of γ -polyglutamic acid and irrigation with soybean milk at rosette stage on the basis of normal fertilization could effectively promote the growth of tobacco roots and increase yield, output value, proportion of high-grade leave, potassium content and aroma of tobacco leaves. Thus, these treatments had potential popularization value in southern Anhui.

Key words: southern Anhui tobacco area; root-promoting practices; flue-cured tobacco; quality of tobacco

根系是植物的重要器官,其形态结构、分布和活力的变化可影响植株对土壤养分的吸收,从而影响地上部分的生长发育及产量和质量^[1]。培育发达的根系是优质烟叶生产的基础^[2]。在烟草生产上,人们通过改变起垄方式^[3]、增加垄体高度^[4]、粉垄深耕^[5]、深栽^[6]、覆膜^[7]、交替隔沟灌溉^[8]等栽培措施,以及增施磷肥^[9]、有机肥^[10]、肥料增效剂^[11]、土壤改良剂^[12]等方式来培育或促进烟株根系发育。近年来大量研究发现,增施少量的有机物料、土壤调理剂、高分子聚合物等,不但能直接为植株提供营养,还能改善植物根际土壤环境,促进根系发育,起到促根剂的作用。黄腐酸钾(TPFA)中的黄腐酸成分具有优良的生物活性,能够增强作物体内诸多生物酶的活性,增强根系活力^[13]。 γ -聚谷氨酸(TPGA)是一种高分子阴离子聚合物,作为肥料增效剂具有促进作物养分吸收和提高肥料养分利用率的作用^[14]。目前河南部分烟区烟农还保留着烟草移栽时施用炒熟芝麻(TCSS)的传统,研究表明,施用炒熟芝麻可以促进烟株根系发育、提高烟叶油分 and 品质^[15-17]。豆浆灌根(TSRI)技术在豫西雨养烟区得到大面积推广应用,可以有效促进烤烟根系与地上部分的生长发育,提高烟叶产量和质量^[18-19]。松土促根剂(TRLA)可改善土壤物理性状和耕层微生态环境,增强土壤保水保肥能力,促进烟株根系发育,提高烤烟经济性状,在部分烟区逐渐推广应用^[20-21]。

皖南烟区是中国典型浓香型烟叶产区,生产的烟叶浓香型风格突出,香气浓郁细腻,焦甜香特色明显^[22]。该烟区植烟土壤呈微酸性,有机质含量丰富,但总氮和碱解氮含量偏高,速效钾含量偏低,加之化学肥料的常年施用,导致烟叶烟碱含量偏高,而钾含量偏低^[22-23]。烟草对钾素的吸收利用与其根系

状况息息相关^[24]。基于此,本试验研究了在正常施肥基础上增施 TPFA、TPGA、TCSS、TRLA 和 TSRI 对皖南烤烟生长发育和品质的影响,旨在为皖南烟区高质量烟叶生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试烤烟品种为云烟 97,由安徽皖南烟叶有限责任公司提供。烟草专用有机无机复合肥(N、P 和 K 质量比为 5:8:12,有机质含量 20%),由贝思特有机活性肥料有限公司生产。黄腐酸钾为矿源黄腐酸钾(黄腐酸含量 52%,氧化钾含量 20%),由新疆双龙腐殖酸有限公司生产。 γ -聚谷氨酸(含量为 8%),由台湾味丹企业股份有限公司生产。熟芝麻,白芝麻炒熟,养分含量为全氮 57.1 g/kg,全磷 26.2 g/kg,全钾 14.3 g/kg,蛋白质 452.0 g/kg。豆浆,每 1 kg 黄豆加 9 kg 水磨碎成豆浆,密封保存腐熟发酵 10 d 即得试验所用的豆浆,其养分含量为有机质 674.3 g/kg,磷 14.6 g/kg,钾 14.1 g/kg。松土促根剂,由河南省火车头农业技术有限公司生产。

1.2 试验设计

试验于 2019 年在安徽省宣城市鄂皖黄鹤楼烟叶高科技示范园进行。试验地土壤为砂壤土,前茬作物为水稻,土壤理化性质为 pH 6.23,有机质含量 24.90 g/kg,全氮含量 1.65 g/kg,碱解氮含量 46.90 mg/kg,速效磷含量 35.29 mg/kg,速效钾含量 184.25 mg/kg。按当地优质烤烟生产技术方案,试验田在起垄前撒施烟草专用有机无机复合肥 1 350 kg/hm²,烤烟移栽后 35 d 垄上撒施有机无机复合肥 750 kg/hm²。

大田采用单因素随机区组设计,共设置常规施

肥(CK)及增施 TPFA、TPGA、TCSS、TRLA 和 TSRI 等 6 个处理。增施 TPFA 处理 TPFA 施用量为 3.0 kg/hm^2 ,每 40 g 兑水定容至 100 L,移栽时每株穴灌 500 mL。增施 TPGA 处理 TPGA 施用量为 $1\ 500\text{ L/hm}^2$,每 2 L 原液兑水定容至 100 L,移栽时每株穴灌 500 mL。增施 TCSS 处理 TCSS 施用量为 75 kg/hm^2 ,每 1 kg 熟芝麻与 4 kg 细土混匀,移栽时每株穴施 25 g。TSRI 处理黄豆施用量为 150 kg/hm^2 ,每 1 kg 黄豆加工成发酵豆浆后用水定容至 50 L,移栽后 30 d(团棵期)每株灌根 500 mL。增施 TRLA 处理 TRLA 施用量为 30 kg/hm^2 ,每 1 kg TRLA 与 11.5 kg 细土混匀,移栽时每株穴施混合物 25 g。小区面积为 120 m^2 ,行距 120.00 cm,株距 50.00 cm,小区为 4 行区,每小区植烟 200 株,田间 2 次重复。试验于 3 月 28 日移栽,烟株第 1 朵中心花开放 50%时打顶,其他田间管理按当地优质烤烟生产技术方案执行。待烟叶成熟时,各小区分别收获,采用密集烘烤工艺进行烘烤。

1.3 测定项目及方法

农艺性状调查:在移栽后 35,50,65,80 和 95 d,选取 5 株有代表性的烟株测量株高、茎围、有效叶数、最大叶长、最大叶宽,计算最大叶面积(最大叶面积=叶片长 $\times$ 叶片宽 $\times 0.634\ 5$)。同时,选取有代表性的烟株 3 株,挖出后将根、茎、叶分开,用自来水冲洗干净,擦干表面水分后称质量,然后于 $105\text{ }^\circ\text{C}$ 下杀青 30 min, $70\text{ }^\circ\text{C}$ 烘干至恒质量,称各部分干物质质量,计算整株干物质质量。烟叶成熟后分部位采收,采用三段式烘烤工艺烘烤,获得烤后烟叶,统计各处理烤后烟叶小区产量,并按当地收购价格计算产值、均价、上等烟和中等烟比例。

分别选取各处理上部叶 B2F 等级和中部叶 C3F 等级烟叶,测定其外观质量、物理特性、化学成分含量和感官质量。烟叶外观质量由国家烟草质量监督检验中心专家鉴定,评价指标包括成熟度、颜色、结构、身份、油分、色度、均匀度、弹性、柔软度,各指标满分均为 10 分,计算总分(各指标得分之和)。烟叶物理特性中的叶长、叶宽用直尺测量,单叶质量、叶梗质量用天平测定,含梗率为叶梗质量在烟叶中所占的质量分数,拉力由四川长江造纸仪器有限公司生产的薄片抗张试验机测定,粘附力由物理特性分析仪测定^[25]。烟叶的总氮、总糖、还原糖、烟碱、钾和氯含量用流动分析法测定。烟叶感官质量由湖北中烟和国家烟草质量监督检验中心评吸专家鉴定,包含香气质、香气量、杂气、刺激性、余味、

劲头、浓度、燃烧性、灰色,各指标满分分别为 18,16,16,20,22,5,5,4,4 分,计算评吸总分。

1.4 数据分析

采用 Excel 2016 进行试验数据整理,并利用 SPSS 26.0 对数据进行 One-way ANOVA 方差分析,多重比较采用 Duncan 法。

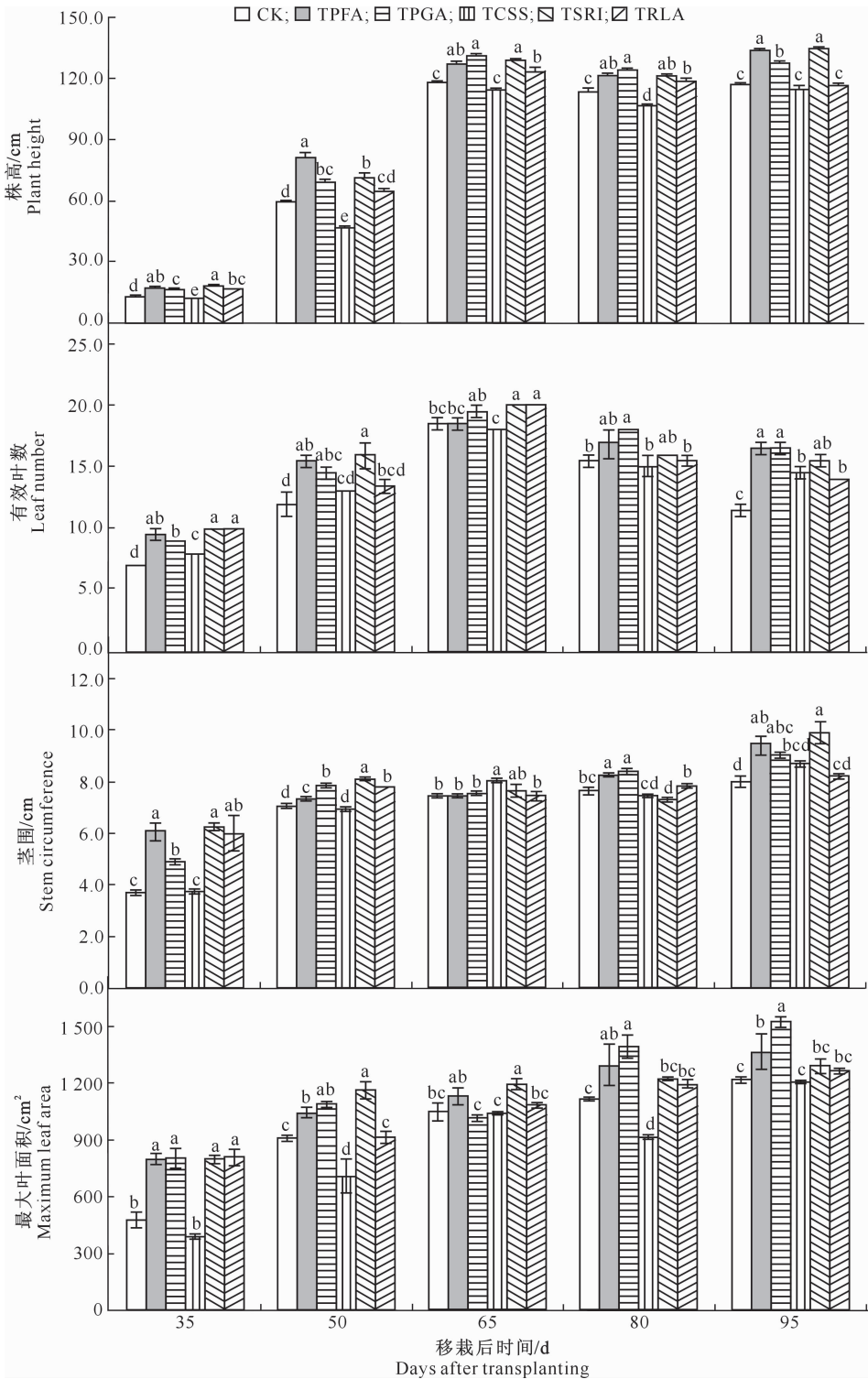
2 结果与分析

2.1 增施不同促根剂对烤烟生长发育的影响

2.1.1 农艺性状 由图 1 可以看出,与对照(CK)相比,TPFA、TPGA 和 TSRI 处理株高在移栽后 35~95 d 显著增大,TRLA 处理株高在移栽后前 80 d 增大,TCSS 处理株高在移栽后前 80 d 减小。TPFA、TPGA 和 TSRI 处理对烟株有效叶片数的效应明显,移栽后 95 d,其有效叶片数较 CK 均显著增加。与 CK 相比,TPFA、TPGA、TSRI 和 TRLA 处理烟株移栽后 35~50 d 的茎围均增大。与 CK 相比,TPFA、TPGA 和 TSRI 处理烟株的最大叶面积在移栽后 35~95 d 增大,TCSS 处理最大叶面积在生长过程中减小。结果表明,TPFA、TPGA、TSRI 和 TRLA 处理可促进烟株的生长发育。

2.1.2 干物质积累 如表 1 所示,移栽后 35 d,各处理烤烟叶、茎、根和单株干物质质量均显著高于 CK,单株干物质质量表现为 $\text{TPFA} > \text{TPGA} > \text{TSRI} > \text{TRLA} > \text{TCSS} > \text{CK}$,其中 TPGA 处理烟株的根和茎及 TPFA 处理的叶干物质质量显著高于其他处理。移栽后 50 d,除 TCSS 处理的各部位和单株干物质质量显著低于 CK 外,其他处理均显著高于 CK,TSRI、TPFA 和 TPGA 处理的各部位干物质质量均高于其他处理。移栽后 65 d,各处理烤烟单株和叶干物质质量均显著高于 CK,单株干物质质量表现为 $\text{TPGA} > \text{TSRI} > \text{TRLA} > \text{TPFA} > \text{TCSS} > \text{CK}$,TCSS 的根干物质质量显著低于其他处理和 CK。移栽后 80 d,TPGA、TPFA 和 TRLA 处理的单株干物质质量、TPFA 和 TPGA 处理的根干物质质量、TPGA 和 TCSS 处理的茎干物质质量及 TPGA、TRLA、TPFA 和 TCSS 处理的叶干物质质量均显著高于 CK。移栽后 95 d,各处理烤烟单株、根和茎干物质质量均显著高于 CK,TPFA 和 TPGA 处理的单株干物质质量较 CK 分别增加了 39.00%和 61.22%;TRLA 和 TPGA 处理的单株和叶干物质质量、TSRI 和 TRLA 处理的根干物质质量和 TSRI 处理的茎干物质质量均显著高于其他处理。综合分析发现,与 CK 相比,5 种促根处理均

能不同程度地促进根系发育,增加干物质积累量, 现较早,而 TCSS 处理的促根效应显现较晚。TPFA、TPGA、TSRI 和 TRLA 处理的促根效应显



图柱上标不同小写字母表示同一移栽后时间不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)

Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$) among treatments at the same time after transplanting

图 1 增施不同促根剂处理烤烟主要农艺性状的比较

Fig. 1 Comparison of main agronomic characters of flue-cured tobacco among different root-promoting practices

表 1 增施不同促根剂处理烤烟不同部位干物质质量的比较

Table 1 Comparison of dry weights of different parts of flue-cured tobacco among different root-promoting practices g/株

移栽后时间/d Days after transplanting	处理 Treatment	叶 Leaves	茎 Stem	根 Root	单株 Plant
35	CK	5.92±0.08 d	1.50±0.03 e	0.66±0.02 e	8.08±0.09 e
	TPFA	23.53±0.75 a	3.23±0.11 b	1.92±0.04 b	28.68±0.91 a
	TPGA	18.26±1.00 b	3.75±0.16 a	2.35±0.13 a	24.35±0.71 b
	TCSS	13.71±0.74 c	2.15±0.02 d	1.12±0.03 d	16.97±0.79 d
	TSRI	15.88±1.63 bc	2.73±0.02 c	1.81±0.00 b	21.91±0.51 c
	TRLA	14.21±0.64 c	2.20±0.07 d	1.46±0.16 c	17.87±0.56 d
50	CK	45.86±1.41 e	13.53±0.30 c	5.52±0.03 d	74.91±1.09 d
	TPFA	65.26±2.40 b	19.92±0.87 b	14.01±0.47 a	99.68±4.44 b
	TPGA	54.19±0.93 d	20.13±0.85 b	10.35±0.21 b	84.67±0.13 c
	TCSS	39.90±0.75 f	10.97±0.36 d	4.15±0.01 e	45.02±0.37 e
	TSRI	76.54±0.88 a	22.51±1.76 a	13.45±0.06 a	112.49±2.71 a
	TRLA	57.93±1.19 c	19.31±0.21 b	8.80±0.33 c	86.04±0.65 c
65	CK	52.27±0.30 d	28.35±0.15 bd	22.97±0.21 c	90.08±0.64 d
	TPFA	68.10±0.71 c	51.55±0.18 b	45.45±1.56 a	165.09±2.29 b
	TPGA	76.96±1.97 b	59.77±0.54 ab	44.88±0.84 a	181.60±3.78 a
	TCSS	77.01±1.12 b	32.02±0.55 c	18.88±1.18 d	127.90±0.75 c
	TSRI	84.30±1.43 a	54.86±1.36 b	38.19±0.93 b	177.34±5.09 a
	TRLA	73.55±3.54 b	51.45±0.25 b	40.95±2.73 b	165.95±0.21 b
80	CK	92.93±4.14 c	63.75±0.32 d	73.59±2.04 b	230.27±7.46 c
	TPFA	106.49±5.25 b	91.13±4.41 b	87.90±1.38 a	265.44±16.57 b
	TPGA	120.54±2.88 a	99.64±0.02 a	87.51±1.64 a	307.69±7.18 a
	TCSS	97.78±1.98 b	52.76±0.45 e	53.25±1.03 d	203.76±6.30 c
	TSRI	91.69±1.98 c	66.29±0.05 d	76.26±3.15 b	224.24±4.69 c
	TRLA	113.11±2.05 ab	73.48±4.19 c	62.69±1.98 c	249.28±5.65 b
95	CK	95.35±0.37 c	73.07±2.58 c	61.48±0.86 c	229.90±3.83 e
	TPFA	104.85±4.57 bc	104.23±0.53 b	110.48±5.53 b	319.56±0.59 c
	TPGA	146.06±2.45 a	120.62±5.28 b	103.97±3.15 b	370.64±0.62 a
	TCSS	116.64±5.10 b	80.77±0.64 d	104.38±3.15 b	301.78±8.98 d
	TSRI	108.35±3.55 b	110.51±0.11 a	121.23±2.87 a	340.09±0.31 b
	TRLA	152.04±9.00 a	109.41±4.74 b	118.74±0.49 a	380.19±8.18 a

注:同列数据后标不同小写字母表示同一移栽后时间不同处理间差异显著($P<0.05$)。
Note:Different lowercase letters indicate significant difference($P<0.05$)among treatments at the same time after transplanting.

2.2 增施不同促根剂对烤烟经济性状的影响

从表 2 可以看出,TSRI 处理烤烟的产量和产值最高,较 CK 分别增加了 8.85%和 12.53%,差异显著;其次为 TPGA 处理,较 CK 分别增加 8.25%和 6.84%。均价除 TPFA 处理显著低于 CK 外,其他处理与 CK 无显著差异。TRLA 和 TPGA 处理的

上等烟比例显著高于 CK,分别达到 53.96%和 50.00%;TPFA 处理的上等烟比例显著低于其他处理,而中等烟比例却显著高于其他处理。总体而言,TPGA 和 TSRI 处理能够有效提高皖南烤烟产量、产值和上等烟比例。

表 2 增施不同促根剂处理烤烟经济性状的比较

Table 2 Comparison of economic characters of flue-cured tobacco among different root-promoting practices

处理 Treatment	产量/(kg·hm ⁻²) Yield	产值/(万元·hm ⁻²) Output value	均价/(元·kg ⁻¹) Average price	上等烟比例/% Superior class leaf rato	中等烟比例/% Medium class leaf rato
CK	1466.85±83.61 b	3.23±0.20 b	22.03±1.77 a	45.09±1.83 b	46.86±2.17 bc
TPFA	1507.05±85.90 b	3.04±0.18 c	20.17±1.71 b	37.52±1.50 c	58.43±2.43 a
TPGA	1587.75±90.50 a	3.45±0.22 ab	22.60±1.82 a	50.00±2.14 a	48.45±2.18 bc
TCSS	1455.60±92.97 b	3.08±0.19 c	22.17±1.88 a	45.66±1.83 b	52.13±2.35 b
TSRI	1596.60±91.01 a	3.64±0.24 a	22.78±1.84 a	47.60±1.90 ab	50.18±2.27 b
TRLA	1466.85±82.61 b	3.35±0.21 b	22.84±1.94 a	53.96±2.16 a	42.68±1.92 c

注:同列数据后标不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。
Note:Different lowercase letters indicate significant difference($P<0.05$)among treatments.

2.3 增施不同促根剂对烟叶品质的影响

2.3.1 外观质量 由表 3 可知,增施不同促根剂对烤烟上部烟叶(B2F 等级烟叶)的成熟度、油分、色度和弹性无明显影响,对颜色、结构、均匀度、柔软度有一定影响,除 TCSS 处理外的其他处理颜色得分均高于 CK,TSRI 和 TRLA 处理因结构、身份、均匀度

分值偏低导致总分低于对照;中部烟叶(C3F 等级烟叶)除 TRLA 处理外其他处理成熟度、颜色、结构、油分、均匀度、弹性均无差异,TSRI 处理的身份、色度较好,外观质量总分最高。总体来说,TPGA 和 TSRI 处理分别对提高上部叶和中部叶外观质量有明显作用。

表 3 增施不同促根剂处理烤烟烤后烟叶外观质量的比较

Table 3 Comparison of appearance quality of flue-cured tobacco leaves among different root-promoting practices											
烟叶等级 Grade of tobacco	处理 Treatment	成熟度 Maturity	颜色 Colour	结构 Structure	身份 Identity	油分 Oil content	色度 Chroma	均匀度 Uniformity	弹性 Elasticity	柔软度 Softness	总分 Total score
B2F	CK	8.00	7.00	5.00	7.00	6.00	5.00	7.00	8.00	7.00	60.00
	TPFA	8.00	8.00	4.00	6.00	6.00	5.00	7.00	8.00	8.00	60.00
	TPGA	8.00	8.00	5.00	7.00	6.00	5.00	7.00	8.00	7.00	61.00
	TCSS	8.00	7.00	4.00	7.00	6.00	5.00	7.00	8.00	8.00	60.00
	TSRI	8.00	8.00	4.00	6.00	6.00	5.00	6.00	8.00	7.00	58.00
	TRLA	8.00	8.00	4.00	6.00	6.00	5.00	6.00	8.00	7.00	58.00
C3F	CK	8.00	8.00	9.00	8.00	7.00	6.00	7.00	8.00	8.00	69.00
	TPFA	8.00	8.00	9.00	9.00	7.00	5.00	7.00	8.00	7.00	68.00
	TPGA	8.00	8.00	9.00	8.00	7.00	5.00	7.00	8.00	8.00	68.00
	TCSS	8.00	8.00	9.00	9.00	7.00	5.00	7.00	8.00	8.00	69.00
	TSRI	8.00	8.00	9.00	9.00	7.00	6.00	7.00	8.00	8.00	70.00
	TRLA	7.00	7.00	8.00	7.00	6.00	5.00	7.00	8.00	7.00	62.00

2.3.2 物理特性 由表 4 可知,增施不同促根剂可不同程度地增加上部烟叶(B2F 等级烟叶)和中部烟叶(C3F 等级烟叶)的叶长、叶宽和单叶质量(TCSS 处理单叶质量和中部叶叶宽除外),与 CK 相比,TPFA 和 TSRI 处理上部叶的叶长和叶宽,TPFA、TPGA、TSRI 处理中部叶的叶长,TPGA 处理中部叶的叶宽及 TPGA、TSRI、TRLA 处理上部叶和 TSRI 处理中部叶的单叶质量均显著增加。TPFA、TCSS 处理上部叶的叶梗质量和 TPFA、TPGA、TSRI、TRLA 处理上部叶的含梗率较 CK 均显著降

低,TPGA 处理中部叶的含梗率显著提高了 27%。不同促根措施显著提高了上部叶和中部叶的拉力和粘附力,其中 TPGA 和 TSRI 处理上部叶、中部叶的拉力较 CK 分别提高了 110.7%,50.3%和 95.5%,44.4%;TPFA、TPGA、TSRI 处理对 2 个部位烟叶的粘附力提升效果相对较好。总体来说,TPFA、TPGA、TRLA 和 TSRI 处理在改善上部叶长宽、提高单叶质量,增强叶片拉力和粘附力方面效果较好。

表 4 增施不同促根剂处理烤烟烤后烟叶物理特性的比较

Table 4 Comparison of physical characteristics of flue-cured tobacco leaves among different root-promoting practices								
烟叶等级 Grade of tobacco	处理 Treatment	叶长/cm Leaf length	叶宽/cm Leaf width	单叶质量/g Leaf weight	叶梗质量/g Stem weight	含梗率/% Stem percentage	拉力/N Tensile	粘附力/N Adhesion
B2F	CK	55.18±0.97 b	16.58±0.43 b	9.24±1.04 bc	2.48±0.21 a	0.27±0.05 a	1.77±0.32 d	5.21±0.41 d
	TPFA	58.38±0.68 a	17.96±1.19 a	10.30±0.32 ab	2.13±0.05 b	0.21±0.01 c	2.84±0.35 bc	9.24±0.31 a
	TPGA	59.22±2.85 a	17.80±0.95 ab	11.43±1.01 a	2.54±0.27 a	0.22±0.03 bc	3.73±0.22 a	8.01±0.54 b
	TCSS	57.10±1.29 ab	18.43±1.23 a	8.03±1.08 c	2.01±0.26 b	0.25±0.03 ab	2.81±0.44 bc	7.13±0.17 c
	TSRI	59.76±2.82 a	18.06±0.79 a	11.43±1.01 a	2.54±0.27 a	0.22±0.03 bc	3.46±0.63 ab	8.01±0.54 b
	TRLA	57.18±2.30 ab	17.18±0.95 ab	10.86±1.09 a	2.43±0.14 a	0.22±0.02 bc	2.65±0.30 c	8.61±0.46 b
C3F	CK	53.32±1.44 c	17.50±2.58 bc	8.08±1.09 bc	1.79±0.44 ab	0.22±0.03 b	1.71±0.23 b	4.91±0.73 d
	TPFA	58.08±1.82 ab	20.65±1.84 ab	9.74±0.83 ab	2.37±0.27 a	0.24±0.02 ab	2.63±0.24 a	8.78±0.44 bc
	TPGA	57.13±2.88 b	22.22±2.26 a	8.64±1.34 bc	2.37±0.63 a	0.27±0.05 a	2.57±0.42 a	10.53±1.19 a
	TCSS	53.56±1.47 c	16.48±5.04 c	7.21±2.03 c	1.67±0.47 b	0.23±0.02 ab	2.58±0.36 a	8.10±0.79 bc
	TSRI	60.73±3.86 a	19.63±2.82 abc	10.77±2.73 a	2.39±0.59 a	0.22±0.02 b	2.47±0.12 a	9.12±1.22 b
	TRLA	55.54±0.93 bc	18.34±2.40 bc	8.25±1.22 bc	1.80±0.23 ab	0.22±0.03 b	2.53±0.38 a	7.79±0.46 c

注:同列数据后标不同小写字母表示同一等级烟叶不同处理间差异显著($P<0.05$)。下表同。
Note:Different lowercase letters indicate significant difference($P<0.05$)at same tobacco grade among treatments. The same below.

2.3.3 化学成分 从表 5 可以看出,不同处理对烤烟上部叶(B2F 等级烟叶)总糖和还原糖含量的影响小于对中部叶(C3F 等级烟叶)的影响,上部叶各处理与 CK 无显著差异;中部叶除 TSRI 处理的还原糖含量与对照相当外,其他处理总糖和还原糖含量均显著低于 CK。烟碱和总氮含量处理间差异明显,TPFA 处理上部叶的烟碱含量、上部叶和中部叶的总氮含量均显著高于对照;TPGA 处理上部烟叶烟碱和总氮含量均显著低于对照,中部烟叶显著高于对照。与 CK 相比,各处理均显著提高了中部叶

的钾含量;TCSS 和 TSRI 处理显著提高了上部叶钾含量,其他处理上部叶钾含量与 CK 无显著差异。不同促根措施上部叶和中部叶氯离子含量均较 CK 有所增加,但均在烟叶适宜范围内。TCSS 和 TSRI 处理上部叶的钾氯比较对照增加,TCSS、TSRI、TRLA 处理上部叶和 TPFA、TPGA 处理中部叶的糖碱比均在 9~10,更接近优质烟叶的比值^[26]。总体来说,增施不同促根剂可以明显影响烟叶的烟碱、总氮和钾含量,而且均可显著提高中部叶的钾含量。

表 5 增施不同促根剂处理烤烟烤后烟叶化学成分的比较

Table 5 Comparison of chemical constituents of flue-cured tobacco leaves among different root-promoting practices					
烟叶等级 Grade of tobacco	处理 Treatment	总糖/% Total sugar	还原糖/% Reducing sugar	烟碱/% Nicotine	总氮/% Total nitrogen
B2F	CK	28.31±0.13 a	26.24±0.11 ab	3.19±0.01 b	1.34±0.05 c
	TPFA	27.72±2.25 a	25.47±0.20 b	3.56±0.04 a	1.52±0.01 a
	TPGA	32.56±2.37 a	30.39±2.21 a	2.42±0.01 e	1.21±0.00 d
	TCSS	29.83±4.06 a	28.07±3.53 ab	3.05±0.03 d	1.41±0.03 b
	TSRI	30.84±1.02 a	30.10±0.16 a	3.20±0.01 b	1.29±0.03 c
	TRLA	29.66±0.22 a	29.47±0.51 ab	3.15±0.02 c	1.07±0.03 e
C3F	CK	31.66±0.18 a	29.47±0.63 a	2.56±0.04 b	1.08±0.01 c
	TPFA	28.31±0.10 d	26.23±0.10 c	2.63±0.03 b	1.28±0.03 a
	TPGA	30.71±0.20 b	26.18±0.15 c	2.78±0.12 a	1.18±0.02 b
	TCSS	29.69±0.15 c	28.56±0.25 b	2.40±0.03 c	1.22±0.02 b
	TSRI	30.27±0.37 b	29.24±0.18 a	2.14±0.04 d	1.18±0.01 b
	TRLA	27.68±0.24 e	26.61±0.50 c	2.23±0.04 d	1.11±0.02 c
烟叶等级 Grade of tobacco	处理 Treatment	钾/% Potassium	氯/% Chloride	钾氯比 Potassium/chloride	糖碱比 Sugar/nicotine
B2F	CK	1.16±0.06 c	0.42±0.02 c	2.83	8.23
	TPFA	1.17±0.08 c	0.50±0.01 a	2.32	7.15
	TPGA	1.18±0.03 c	0.48±0.04 ab	2.46	12.56
	TCSS	1.25±0.03 b	0.41±0.01 c	3.20	9.20
	TSRI	1.31±0.04 a	0.46±0.02 ab	2.90	9.41
	TRLA	1.16±0.05 c	0.46±0.03 ab	2.52	9.35
C3F	CK	1.07±0.03 c	0.37±0.01 d	3.14	11.51
	TPFA	1.18±0.01 b	0.49±0.01 c	2.39	9.97
	TPGA	1.17±0.02 b	0.53±0.02 b	2.19	9.42
	TCSS	1.16±0.02 b	0.61±0.03 a	1.90	11.90
	TSRI	1.32±0.04 a	0.41±0.04 cd	3.17	13.66
	TRLA	1.16±0.03 b	0.39±0.02 d	3.05	11.93

2.3.4 感官质量 由表 6 可以看出,增施不同促根剂对烤烟上部叶(B2F 等级烟叶)感官质量的提升作用较为明显,其中 TCSS 处理总分最高,其次为 TPFA 和 TSRI 处理,其主要是增加了上部叶的香气质、香气量,提升了烟气劲头;TCSS 和 TRLA 处理的口感表现出余味变差,TRLA 处理因刺激性变大得分降低。TPFA 和 TPGA 处理对烤烟中部叶(C3F 等级烟叶)感官质量的提升较为明显,其总分较 CK 分别提升了 2.5 和 3.5 分,主要是香气质、香气量、余味和灰色指标得到改善;TCSS 和 TSRI 处理可提高中部叶香气量,但杂气较重;TRLA 处理

中部叶的香气质、香气量较低,杂气和刺激性最重,余味不适。总体来说,增施不同促根剂可以不同程度地提升烟叶的香气质和香气量,TPFA 和 TPGA 处理对烤烟上部叶和中部叶的感官质量均有提升作用。

3 讨论与结论

不同栽培措施对烟株根系和生长发育具有不同的影响,从而导致烟株地上部分的生长发育不同^[27-28]。本研究发现,5 种促根处理均能不同程度地促进皖南烟区烟草的根系发育,增加干物质积累

量,其中 TPFA、TPGA、TSRI 和 TRLA 处理的促根效应显现较早,而 TCSS 显现较晚。松土促根剂因由多种有机无机化合物及微量元素组成,施用时可以迅速补充土壤养分,从而促进植株根系发育和地上部分生长^[29]。王守刚等^[30]研究发现,施用松土促根剂的烤烟在移栽后 40 d 最大叶面积提升最为显著,与本试验结果一致。本试验中,TPGA 处理在烤烟生长中后期干物质积累量显著高于其他处理,

表 6 增施不同促根剂处理烤烟烤后烟叶感官质量的比较

Table 6 Comparison of sensory quality of flue-cured tobacco leaves among different root-promoting practices

烟叶等级 Grade of tobacco	处理 Treatment	香气特征 Aroma characteristics			口感特征 Taste characteristics		烟气特征 Smoke characteristics		其他特征 Others		总分 Total Score
		香气质 Aroma quality	香气量 Aroma quantity	杂气 Miscellaneous gas	刺激性 Irritation	余味 Aftertaste	浓度 Concentration	劲头 Strength	燃烧性 Combustibility	灰色 Ash	
B2F	CK	15.50	15.00	11.50	13.00	15.00	4.00	3.00	3.50	2.50	83.00
	TPFA	15.50	15.00	11.50	13.50	15.00	4.00	3.50	3.50	3.00	84.50
	TPGA	16.00	15.50	11.50	13.50	15.00	4.00	3.50	4.00	3.00	86.00
	TCSS	16.00	16.00	11.50	13.50	14.50	4.00	3.50	4.00	3.50	86.50
	TSRI	16.00	16.00	11.50	13.00	15.00	4.00	4.00	3.50	3.00	86.00
	TRLA	16.00	15.00	11.50	12.50	14.00	4.00	4.00	3.50	3.00	83.50
C3F	CK	16.50	14.00	13.00	15.50	17.00	3.50	2.50	3.50	2.50	88.00
	TPFA	16.00	15.00	13.00	15.50	18.00	3.50	3.00	3.50	3.00	90.50
	TPGA	16.50	15.50	13.00	15.00	17.50	4.00	3.00	4.00	3.00	91.50
	TCSS	16.00	15.00	12.00	15.00	17.50	3.50	2.50	4.00	2.00	87.50
	TSRI	16.00	15.00	11.50	14.50	17.50	3.50	3.00	3.50	2.30	86.80
	TRLA	15.50	14.50	11.50	14.00	16.00	3.50	3.00	4.00	3.00	85.00

研究表明,促进烟草根系发育可提高烟叶产量和产值,改善烟叶品质^[5,7,13,17,21,27,30]。本试验中 TPGA 和 TSRI 处理能够有效提高皖南烤烟产量、产值和上等烟比例,这与马京民等^[18]和戴华鑫等^[33]的研究结果一致;而 TPFA 和 TRLA 处理的产量和产值提升不明显,这与陈泽斌等^[13]、张兆扬等^[21]和王守刚等^[30]的研究结果不一致,原因可能与皖南生态条件下烤烟的有效叶片数多、叶片养分供应不均衡、烟叶烘烤特性不理想及烘烤损失较大有关。本研究中,TPFA、TPGA、TSRI 处理可改善上部叶颜色、提高烟株的单叶质量以及增强叶片拉力和粘附力,显著提高中部叶的钾含量,增加上部叶香气质和香气量,从而提升烟叶品质。TSRI 处理对烟叶品质的提升效果与马京民等^[18]和戴华鑫等^[33]的研究结果相一致,原因可能与 TSRI 中的有机物料能够提供有机养分,改善耕层微生态环境,协调烟株碳、氮代谢有关^[15-17],其机理还需要进一步深入研究。松土促根剂能有效改善土壤物理性状和耕层微环境,提升烟叶品质^[13,21,30],但在皖南烟区 TRLA 处理在提升烤烟品质方面无明显效果,这可能与不同试验点的生态条件和土壤养分不同有关^[23],因此有必要进一步研究皖南烟区松土促根剂与氮肥配施对

这可能与 TPGA 的保肥性及增强土壤团聚结构、富集营养成分以及促进氮素代谢的功能有关^[31]。TPFA 和 TSRI 处理的促根效应,前期可能与其能及时补充土壤养分含量并促进植株吸收和生长有关,后期可能与其可改善土壤的微生态环境从而促进根系生长有关^[19,32]。TCSS 处理的促根效应显现较晚,这与化党领等^[17]的研究结果相一致,可能与其在土壤中要有一个养分矿化释放过程有关。

烟叶品质的影响。

综合所述,皖南烟区在正常施肥的基础上,增施黄腐酸钾、 γ -聚谷氨酸、熟芝麻、松土促根剂和团棵期豆浆灌根均可以促进烟株根系发育,增加烟株干物质积累量。其中增施 γ -聚谷氨酸和豆浆灌根可显著提高烤烟产量、产值,改善烤烟上部叶颜色,增加单叶质量,增强叶片拉力和粘附力,提高烤烟钾含量和香气量,改善上部叶感官质量,提升烟叶品质,具有潜在的推广价值。

[参考文献]

[1] Thorup-Kristensen K, Halberg N, Nicolaisen M, et al. Digging deeper for agricultural resources, the value of deep rooting [J]. Trends in Plant Science, 2020, 25(4): 406-417.

[2] 黄 琰, 周冀衡, 王 勇, 等. 烤烟不定根发育的主要影响因素分析 [J]. 烟草科技, 2007, 40(12): 51-54.

Huang Y, Zhou J H, Wang Y, et al. Major factors affecting adventitious roots development in flue-cured tobacco plants [J]. Tobacco Science & Technology, 2007, 40(12): 51-54.

[3] 张常兴, 马波波, 商悦名, 等. 不同垄作方式与覆膜厚度对烤烟根系生长发育的影响 [J]. 山东农业科学, 2017, 49(5): 52-56.

Zhang C X, Ma B B, Shang Y M, et al. Effects of different ridge culture modes and mulching film thickness on root growth of flue-cured tobacco [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2017,

- 49(5):52-56.
- [4] 杨丁元. 烟草整作技术在豫西应用的浅见 [J]. 烟草科技, 1987,20(4):33-35.
Yang D Y. The application of ridge planting technology of tobacco in western Henan province [J]. Tobacco Science & Technology, 1987, 20(4): 33-35.
- [5] 龚 嘉, 郑重谊, 刘勇军, 等. 粉垄深耕结合开沟排水对土壤养分和烤烟生长发育的影响 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2022, 50(2): 75-82.
Gong J, Zheng Z Y, Liu Y J, et al. Effects of deep ploughing with powder ridge and ditching drainage on soil nutrients and growth and development of flue-cured tobacco [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2022, 50(2): 75-82.
- [6] 赵 承, 陆引罡, 王家顺, 等. 深栽结合双层施肥对烤烟生长发育影响研究 [J]. 山地农业生物学报, 2007, 26(1): 1-5, 12.
Zhao C, Lu Y G, Wang J S, et al. Effects of transplanting in depth with one-off double-layer fertilization on growth of flue-cured tobacco [J]. Journal of Mountain Agriculture and Biology, 2007, 26(1): 1-5, 12.
- [7] 高家合, 李梅云, 赵淑媛, 等. 地膜覆盖与烤烟根系及烟叶产量品质的关系 [J]. 中国农学通报, 2008, 24(7): 181-185.
Gao J H, Li M Y, Zhao S Y, et al. Correlation of film-cover and roots, yield and quality of flue-cured tobacco [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2008, 24(7): 181-185.
- [8] 王 行. 不同灌水方式对烤烟产质量的影响 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2009.
Wang H. Effects of different irrigation methods on yield and quality of flue cured tobacco [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2009.
- [9] 张明发, 田 峰, 邓小华, 等. 不同磷肥对土壤化学性状及烤烟生长的影响 [J]. 中国农学通报, 2015, 31(27): 216-223.
Zhang M F, Tian F, Deng X H, et al. Effects of different types of phosphate fertilizer on soil chemical properties and flue-cured tobacco growth [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2015, 31(27): 216-223.
- [10] 杨振民, 介晓磊, 化党领, 等. 不同 C/N 有机物料对烤烟生长发育和生理特性的影响 [J]. 土壤通报, 2008, 39(2): 344-348.
Yang Z M, Jie X L, Hua D L, et al. Effect of organic materials with different C/N ratios on growth and physiological characteristics of flue-cured tobacco [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2008, 39(2): 344-348.
- [11] 易 江, 屠乃美, 张 炜, 等. 有机肥配施肥料增效剂对烤烟产质量的效应研究 [J]. 作物研究, 2015, 29(4): 382-385.
Yi J, Tu N M, Zhang W, et al. Effects of organic fertilizer combined with fertilizer synergist on agronomic traits, yield and quality of flue-cured tobacco [J]. Crop Research, 2015, 29(4): 382-385.
- [12] 邓小华, 向清慧, 刘勇军, 等. 施用改良剂对山地土壤 pH 和烤烟生长及产质量的效应 [J]. 核农学报, 2020, 34(7): 1568-1577.
Deng X H, Xiang Q H, Liu Y J, et al. Effects of amendments application on mountain soil pH, growth and yield and quality of flue-cured tobacco [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2020, 34(7): 1568-1577.
- [13] 陈泽斌, 夏体渊, 郭丽红, 等. 黄腐酸钾对烟草云烟 97 生长发育和产量品质的影响 [J]. 江苏农业科学, 2018, 46(1): 52-55.
Chen Z B, Xia T Y, Guo L H, et al. Effects of potassium fulvic acid on growth, yield and quality of tobacco Yunyan 97 [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2018, 46(1): 52-55.
- [14] 张静静, 白由路, 杨俐苹, 等. 喷施 γ -聚谷氨酸提高夏玉米产量和养分吸收的机制 [J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(11): 1856-1867.
Zhang J J, Bai Y L, Yang L P, et al. Mechanism of spraying γ -poly glutamic acid increasing yield and nutrient uptake of summer maize [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2019, 25(11): 1856-1867.
- [15] 韩富根, 沈 铮, 于海顺, 等. 有机物料对烤烟经济性状和香气质量的影响 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2009, 37(10): 97-102.
Han F G, Shen Z, Yu H S, et al. Effects of organic substances on economic characteristics and aroma quality of flue-cured tobacco leaves [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2009, 37(10): 97-102.
- [16] 韩富根, 史金钟, 王校辉, 等. 窝肥施用芝麻类有机物料对烤烟化学成分和香气质量的影响 [J]. 中国农业科学, 2011, 44(14): 2980-2989.
Han F G, Shi J Z, Wang X H, et al. Effects of applying different sesame organic materials as nest-fertilizers on chemical components and aroma quality of flue cured tobacco [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2011, 44(14): 2980-2989.
- [17] 化党领, 杜 君, 刘世亮, 等. 不同有机酸对烤烟生长发育及烟叶品质的影响 [J]. 中国农学通报, 2007, 23(8): 166-170.
Hua D L, Du J, Liu S L, et al. Effect of different organic acid on growth, development and quality of flue-cured tobacco [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(8): 166-170.
- [18] 马京民, 程 兰, 胡 军. 烤烟豆浆灌根技术及其应用效果 [J]. 江西农业学报, 2009, 21(10): 52-53, 56.
Ma J M, Cheng L, Hu J. The technology of irrigation root with soybean milk and its application effect in flue-cured tobacco [J]. Acta Agriculture Jiangxi, 2009, 21(10): 52-53, 56.
- [19] 戴华鑫, 张艳玲, 段卫东, 等. 豆浆灌根对烤烟生长及土壤细菌群落的影响 [J]. 烟草科技, 2020, 53(4): 1-10, 19.
Dai H X, Zhang Y L, Duan W D, et al. Effects of soybean milk root irrigation on growth of flue-cured tobacco and soil bacterial communities [J]. Tobacco Science & Technology, 2020, 53(4): 1-10, 19.
- [20] 陈鹏宇, 杨 超, 汪代斌, 等. 基于盆栽试验的促根剂对低温条件下烤烟地上部生长和根系发育的影响 [J]. 烟草科技, 2021, 54(1): 17-23.
Chen P Y, Yang C, Wang D B, et al. Effects of root-promoting agents on flue-cured tobacco's shoot and root development at low temperature based on pot experiment [J]. Tobacco Sci-

- ence & Technology, 2021, 54(1): 17-23.
- [21] 张兆扬,李致新,赵建立,等. 松土促根剂对烤烟根系发育及产质量的影响 [J]. 湖南农业科学, 2017(10): 36-38.
Zhang Z Y, Li Z X, Zhao J L, et al. Effects of applying soil conditioner on root system development, yield and quality of flue-cured tobacco [J]. Hunan Agricultural Sciences, 2017(10): 36-38.
- [22] 薛琳,朱启法,季学军,等. 皖南烤烟烟叶化学成分与感官品质的相关性 [J]. 烟草科技, 2016, 49(11): 26-32.
Xue L, Zhu Q F, Ji X J, et al. Correlation of chemical components with overall sensory quality of tobacco leaves in south Anhui [J]. Tobacco Science & Technology, 2016, 49(11): 26-32.
- [23] 杨悦章,汪海生,柏永超,等. 皖南烟区植烟土壤养分状况分析 [J]. 安徽农业科学, 2019, 47(14): 153-156, 175.
Yang Y Z, Wang H S, Bai Y C, et al. Analysis on nutrient contents status of tobacco-planting soil in Wannan area [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2019, 47(14): 153-156, 175.
- [24] 李集勤,屠乃美,易镇邪,等. 烤烟钾素吸收利用效率研究现状与展望 [J]. 作物研究, 2011, 25(2): 165-170.
Li J Q, Tu N M, Yi Z X, et al. Research progress of potassium absorption and use efficiency in flue-cured tobacco [J]. Crop Research, 2011, 25(2): 165-170.
- [25] 王建民,孙意然,李瑞丽,等. 烤烟物理特性与化学成分的典型相关分析 [J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版), 2014, 29(5): 28-31.
Wang J M, Sun Y R, Li R L, et al. Canonical correlation analysis between physical properties and chemical components of flue-cured tobacco [J]. Journal of Zhengzhou University of Light Industry (Natural Science Edition), 2014, 29(5): 28-31.
- [26] 陈江华,刘建利,龙怀玉. 中国烟叶矿质营养及主要化学成分含量特征研究 [J]. 中国烟草学报, 2004, 10(5): 24-31.
Chen J H, Liu J L, Long H Y. The distribution characteristics of nutrition elements and main chemical composition in China's tobacco leaves [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2004, 10(5): 24-31.
- [27] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987.
Tobacco Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences. Tobacco cultivation in China [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1987.
- [28] 马新明,刘国顺,王小纯,等. 烟草根系生长发育与地上部相关性的研究 [J]. 中国烟草学报, 2002, 8(3): 27-30.
Ma X M, Liu G S, Wang X C, et al. The development of tobacco root system and its relation with plant growth [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2002, 8(3): 27-30.
- [29] 张淑利,谢迎新,张传忠,等. 松土促根剂对麦田土壤容重及小麦籽粒产量的影响 [J]. 河南农业科学, 2015, 44(7): 32-35.
Zhang S L, Xie Y X, Zhang C Z, et al. Effects of root growth promoting agent on soil bulk density and grain yield of wheat in farmland of rotary tillage [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2015, 44(7): 32-35.
- [30] 王守刚,毛家伟,司贤宗,等. Agri-star 松土促根剂对烤烟生长发育及经济性状的影响 [J]. 河南农业科学, 2015, 44(6): 56-57, 67.
Wang S G, Mao J W, Si X Z, et al. Effects of agri-star soil conditioner on growth and economic traits of tobacco [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2015, 44(6): 56-57, 67.
- [31] 刘乐,费良军,陈琳,等. γ -聚谷氨酸对土壤结构、养分平衡及菠菜产量的影响 [J]. 水土保持学报, 2019, 33(1): 277-282, 287.
Liu L, Fei L J, Chen L, et al. Effects of γ -polyglutamic acid on soil structure nutrient balance and spinach yield [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2019, 33(1): 277-282, 287.
- [32] 刘佳欢,王倩,罗人杰,等. 黄腐酸肥料对小麦根际土壤微生物多样性和酶活性的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(10): 1808-1816.
Liu J H, Wang Q, Luo R J, et al. Effect of fulvic acid fertilizer on microbial diversity and enzyme activity in wheat rhizosphere soil [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2019, 25(10): 1808-1816.
- [33] 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.
Dai H X, Yang J J, Liu W T, et al. Effects of soymilk root irrigation on soil biochemical characteristics and quality of flue-cured tobacco [J]. Chinese Tobacco Science, 2018, 39(5): 64-70.