

## 外源调节物质对硃砂烟生长、产质量及病害的影响

陈贵云<sup>1</sup>, 李昌丝<sup>1</sup>, 蔡芝燕<sup>1</sup>, 李洪涛<sup>1</sup>, 代惠娟<sup>2</sup>, 朱宏强<sup>2</sup>, 王圣丰<sup>2</sup>,  
关辉<sup>2</sup>, 王戈<sup>1</sup>, 王娜<sup>1</sup>, 杜宇<sup>1</sup>, 周鹏<sup>1</sup>, 白羽祥<sup>1</sup>, 周艳宾<sup>2</sup>

(1. 云南农业大学烟草学院, 云南昆明 650201; 2. 河北中烟工业有限责任公司, 河北石家庄 050051)

**摘要:**为探究植物外源调节物质对硃砂烟(*Nicotiana tabacum* L.)生长、产质量及病害的影响,初步明确外源调节物质在硃砂烟提质增效上的应用潜力,以硃砂烟1号为试验材料,设置常规清水处理(A1, CK)、多利维生(A2)、精氨酸-硼锌复合物(A3)和氯化胆碱(A4)共4个处理,对比分析各处理烟株的生育期、农艺性状、病害发病情况、光合特性、经济性状、原烟外观质量和烤后烟叶化学成分。结果表明,相较于A1,施用3种外源调节物质后,烟株各生育期均有所延长;株高、茎围、有效叶片数和最大叶面积均有显著增加,增幅分别为2.21%~6.56%、12.96%~19.79%、3.13%~7.85%和2.21%~6.56%;烟株主要病害发病率和发病程度显著降低,花叶病、气候性斑点病、黑胫病和脉斑病毒病发病率分别降低23.21%~36.71%、15.03%~21.29%、17.3%~27.48%、4.74%~28.86%;叶片光合特性明显增强,净光合速率增加2.46%~7.85%;烤后烟叶产量、均价、产值和中上等烟比例显著增加,分别增加1.81%~3.35%、1.12%~8.69%、2.98%~12.28%和0.18%~1.88%;化学成分含量和协调性及感官质量更优。综上所述,施用多利维生、精氨酸-硼锌复合物和氯化胆碱均能有效促进硃砂烟的生长发育、降低病害发生率,并显著提升烟叶品质,其中以施用多利维生效果最佳。

**关键词:**硃砂烟;外源调节物质;生长;产质量;病害

**中图分类号:**S572 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2481(2024)06-0070-09

## Effects of Exogenous Regulators on Growth, Yield, Quality and Disease of Zhusha Tobacco

CHEN Guiyun<sup>1</sup>, LI Changsi<sup>1</sup>, CAI Zhiyan<sup>1</sup>, LI Hongtao<sup>1</sup>, DAI Huijuan<sup>2</sup>, ZHU Hongqiang<sup>2</sup>,  
WANG Shengfeng<sup>2</sup>, GUAN Hui<sup>2</sup>, WANG Ge<sup>1</sup>, WANG Na<sup>1</sup>, DU Yu<sup>1</sup>,  
ZHOU Peng<sup>1</sup>, BAI Yuxiang<sup>1</sup>, ZHOU Yanbin<sup>2</sup>

(1. College of Tobacco, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. Hebei China Tobacco Industrial Co., Ltd., Shijiazhuang 050051, China)

**Abstract:** In order to explore the effects of plant exogenous regulators on the growth, yield, quality, and disease of Zhusha tobacco (*Nicotiana tabacum* L.), preliminarily clarify the potential application of these regulators in improving the quality and efficiency of Zhusha tobacco, in this study, Zhushayan 1 was used as the experimental material, and four treatments were set up: local conventional control (A1), Duolilai (A2), arginine-boron-zinc complex (A3), and choline chloride (A4). The growth period, agronomic traits, disease incidence, photosynthetic characteristics, economic traits, appearance quality of raw tobacco, and chemical composition of flue-cured tobacco leaves were compared and analyzed. The results showed that compared to the local conventional treatment (A1), the growth periods of tobacco plants were prolonged after the application of the three exogenous regulators. The plant height, stem girth, number of effective leaves, and maximum leaf area increased significantly by 2.21%~6.56%, 12.96%~19.79%, 3.13%~7.85%, and 2.21%~6.56%, respectively. The morbidity and severity of the main diseases affecting tobacco plants were significantly reduced. The morbidity of mosaic disease, climatic spot disease, black shink disease, and plaque virus disease decreased by 23.21%~36.71%, 15.03%~21.29%, 17.3%~27.48%, and 4.74%~28.86%, respectively. The photosynthetic characteristics of the leaves were significantly enhanced, with the net photosynthetic rate increasing by 2.46%~7.85%. The yield, average price, output value, and proportion of middle and superior tobacco leaves increased significantly by 1.81%~3.35%, 1.12%~8.69%, 2.98%~12.28%, and 0.18%~1.88%, respectively. The chemical composition content, coordination, and sensory quality were significantly improved as well. In summary, the application of Duolilai, arginine-boron-zinc complex, and choline chloride could effectively promote the growth and development of Zhusha tobacco, reduce the incidence

收稿日期: 2024-03-05

基金项目: 河北中烟工业有限责任公司科技项目(2022130000340019)

作者简介: 陈贵云(1998-), 男, 云南曲靖人, 在读硕士, 研究方向: 烟草栽培与植烟土壤保育。

通信作者: 周艳宾(1979-), 男, 河南叶县人, 农艺师, 主要从事基地单元建设、烟叶生产和烟叶质量分析评价等研究工作。

of diseases, and significantly improve the quality of tobacco leaves. Among these treatments, Duolilai had the best effect.

**Key words:** Zhusha tobacco; exogenous regulators; growth; production quality; diseases

硃砂烟(*Nicotiana tabacum* L.)是普通烟草在自然界种植过程中发生基因变异而产生的,其叶片经过正常烘烤调制后呈现丹红或硃红色的块状不规则斑点,国外称之为樱桃红(Cherry-red)烟叶<sup>[1-2]</sup>。普通烟草的香气量、香气质不足是制约烟草发展的因素之一,而硃砂烟烤后烟叶具有低烟碱、高降烟碱<sup>[3-5]</sup>、叶片结构疏松、油分、香气质香气量充足、刺激性小、协调性好等特点<sup>[6-7]</sup>及其具有独特的“糯米香”风味,在加香加料方面有着不可替代的优势<sup>[8]</sup>。然而,自然界中硃砂烟极其稀有,产量极低,因此,为提高硃砂烟产量,满足卷烟工业需求,提升卷烟抽吸品质,硃砂烟的种植逐渐推广开来。

施用植物生长调节剂、微生物菌剂、叶面肥料等外源调节物质是现在大田生产中促进作物生长发育、降低病虫害、增加产量、提高经济系数的常见手段。外源调节物质主要是由人工合成或是从微生物当中提取出来,对植物生长发育具有调节作用的有机化合物<sup>[9]</sup>,对烤烟种子萌发<sup>[10]</sup>、生根发芽、光合作用<sup>[11]</sup>和内部代谢均有促进作用,且能提高烟草对温度、干旱等不良环境的抵抗力<sup>[11-12]</sup>。烟叶产量与品质取决于烤烟栽培管理措施等多个方面<sup>[13]</sup>。有研究表明,植物外源生长调节剂的使用能显著抑制烟株黑胫病菌丝的生长和孢子的萌发<sup>[14]</sup>,降低烟草黑胫病的发病率<sup>[15]</sup>;增强结球甘蓝叶片的光合能力<sup>[16]</sup>;促进云烟87的生长发育,提高产质量<sup>[17]</sup>;缓解烟草干旱胁迫症状,同时增加烟株的株高、叶片数

和叶长<sup>[18-19]</sup>。赤霉酸等植物生长调节剂、芽孢杆菌等微生物菌剂、腐植酸钾等众多植物外源调节物质已被广泛用于农业生产中。丁锋<sup>[20]</sup>研究发现,利用多利来、精氨酸-硼锌复合物和氯化胆碱3种外源调节物质配水叶面喷施烟草,能够显著提高烟叶品质,使烟叶化学成分更加协调并提高中上部叶比例。但迄今为止,国内外对硃砂烟的研究主要侧重于内在化学成分和基因组学的分析,使用外源调节物质对硃砂烟生长发育和产质量的影响还少有研究,而硃砂烟又对卷烟工业乃至整个烟草行业的发展都有着极其重要的作用。因此,研究外源调节物质对硃砂烟增质提产有着重要的现实意义。

本研究结合前人研究,以硃砂烟1号为材料,选用多利维生、精氨酸-硼锌复合物和氯化胆碱3种外源调节物质进行试验,探究外源调节物质对硃砂烟生长及产质量的影响,以期为河北中烟高端烟叶原料硃砂烟的高品质生产提供一定的理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

试验于2022年5—9月在云南省楚雄州永仁县宜就镇(26°10'14"N,101°14'3"E)进行。该地海拔1 695.8 m,属南温带温凉层高原型季风气候。供试土壤为红壤土,土地平坦,墒面向阳,排水良好。试验地土壤pH值为6.0,土壤的其他基础理化性质如表1所示。

表1 土壤的基础理化性质  
Tab.1 Basic soil physical and chemical properties

指标 Index	有机质/(g/kg) Organic matter	有效磷/(mg/kg) Available phosphorus	速效钾/(mg/kg) Available potassium	碱解氮/(mg/kg) Alkaline hydrolysis nitrogen
含量 Content	38.55	36.62	224.25	131.99

### 1.2 试验材料

试验品种为硃砂烟(*N. tabacum* L.)1号。外源调节物质分别为:多利维生(有效成分为寡雄腐霉菌,100万个孢子/g)购于捷克生物制剂有限公司;精氨酸-硼锌复合物(氨基酸-硼、锌复合剂含L-精氨酸5.7%(合肥郑润生物科技有限责任公司)、硼砂47.15%(上海宜鑫化工有限公司)、硫酸锌47.15%(上海易汇生物科技有限公司))由云南农业大学烟草学院按有效成分配制;氯化胆碱(有

效成分60%)购于重庆市诺意农药有限公司。

### 1.3 试验方法

试验以外源调节物质为因素,共设置4个处理(表2),每个处理3次重复,共12个小区,每个小区30 m<sup>2</sup>,小区随机区组排列,每小区种烟不少于50株,株行距为120 cm×50 cm,试验田四周设有保护行。外源调节物质于烟株移栽后的第40、50天以叶面喷施的方式分2次施用。另外,农家肥和烟草专用肥均一致,农家肥为当地常用圈肥,基肥采用烟

草专用复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=15:15:18),每公顷施用 600 kg;追肥 3 次,第 1 次追施烟草专用复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=12:0:33.5),追施量 450 kg/hm<sup>2</sup>,第 2 次追施烟草专用复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=13.5:0:

44.5),追施量 450 kg/hm<sup>2</sup>,第 3 次追施烟草专用复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=12.5:0:33.5),追施量 450 kg/hm<sup>2</sup>。其他生产管理措施按照当地优质烤烟规范化生产技术进行。

表 2 试验处理水平  
Tab.2 Experimental treatment level

处理 Treatment	外源调节物质 Exogenous regulator	用法 Usage	用量(有效成分) Active ingredient amount
A1(CK)	清水	叶面喷施	等量清水
A2	多利维生	稀释 300 倍,叶面喷施	0.02 g/(株·次)
A3	精氨酸-硼锌复合物	稀释 1 000 倍,叶面喷施	0.05 g/(株·次)
A4	氯化胆碱	稀释 1 500 倍,叶面喷施	0.02 mL/(株·次)

## 1.4 调查项目及方法

1.4.1 生育时期观测记载 按烤烟生育时期调查标准,准确记录移栽期、现蕾期、中心花开放期和脚叶成熟期。生育时期按小区内进入某生育时期的烟株数占总株数的比例达到 50% 的标准作为该小区烟株进入该生育时期时间。

1.4.2 农艺性状调查 分别于移栽后 60 d 和 90 d,按照 YC/T 142—2010 《烟草农艺性状调查测量方法》<sup>[21]</sup>进行农艺性状调查。每个小区随机定株调查 10 株,调查测算内容包括株高、茎围、有效叶片数、最大叶长和叶宽,并依据校正系数法对叶面积进行测定,其中校正系数为 0.634 5<sup>[22]</sup>。

$$\text{最大叶面积} = \text{最大叶长} \times \text{最大叶宽} \times 0.634 5 \quad (1)$$

1.4.3 病害调查 依据 GB/T 23222—2008 《烟草病虫害分级及调查方法》<sup>[23]</sup>对试验各处理、各小区病害发病情况进行调查。

$$\text{发病率} = \text{发病烟株数} / \text{调查总株数} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{病级数} \times \text{该级病株数})}{(\text{最高病级数} \times \text{调查总株数})} \times 100\% \quad (3)$$

1.4.4 光合特性的测定 于移栽 60 d 后,每个小区随机选取 3 株烟株进行测定,并于每株中部取 3 片叶测定叶绿素相对含量值(SPAD)与光合数据,仪器采用 SPAD 测定仪(日本,SPAD-502)和 Li-6400 光合仪(美国)。

1.4.5 烤后烟叶外观质量鉴评 依照 GB 2635—1992<sup>[24]</sup>选取烤烟中部具有代表性的 C3F 等级烟叶,并对烟叶颜色、成熟度、叶片结构、油分、叶片厚度等指标逐项进行量化鉴评,并按 10 分制进行打分<sup>[25-26]</sup>。

1.4.6 烤后烟叶经济性状调查 硃砂烟烘烤后,根据 42 级国家烟叶分级标准进行分级,并统计产量。以 2022 年楚雄烤烟收购价来进行硃砂烟收购,并计算均价、产值和中上等烟比例。

1.4.7 烤后烟叶化学成分分析 于烘烤结束后,每处理采集 C3F 等级烟叶各 1 kg 进行化学成分分析,包括总糖、还原糖、总氮、烟碱、氧化钾、水溶性氯。并参照云南优质烤烟常规化学成分指标要求(Q/YZY 1—2009)<sup>[27]</sup>对烤后烟叶各化学成分进行比较。

## 1.5 数据处理

试验数据采用 Excel 2019 软件进行处理和作图,用 SPSS 25.0 进行单因素 ANOVA 方差分析,用 LSD 法检验差异显著性( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同外源调节物质对硃砂烟生育时期的影响

由表 3 可知,相较于 A1 处理,A2、A3、A4 处理的现蕾期、中心花开放期、脚叶成熟期和顶叶成熟期均有不同程度延后,其中以 A2、A3 处理的各生育时期延后时间较长。

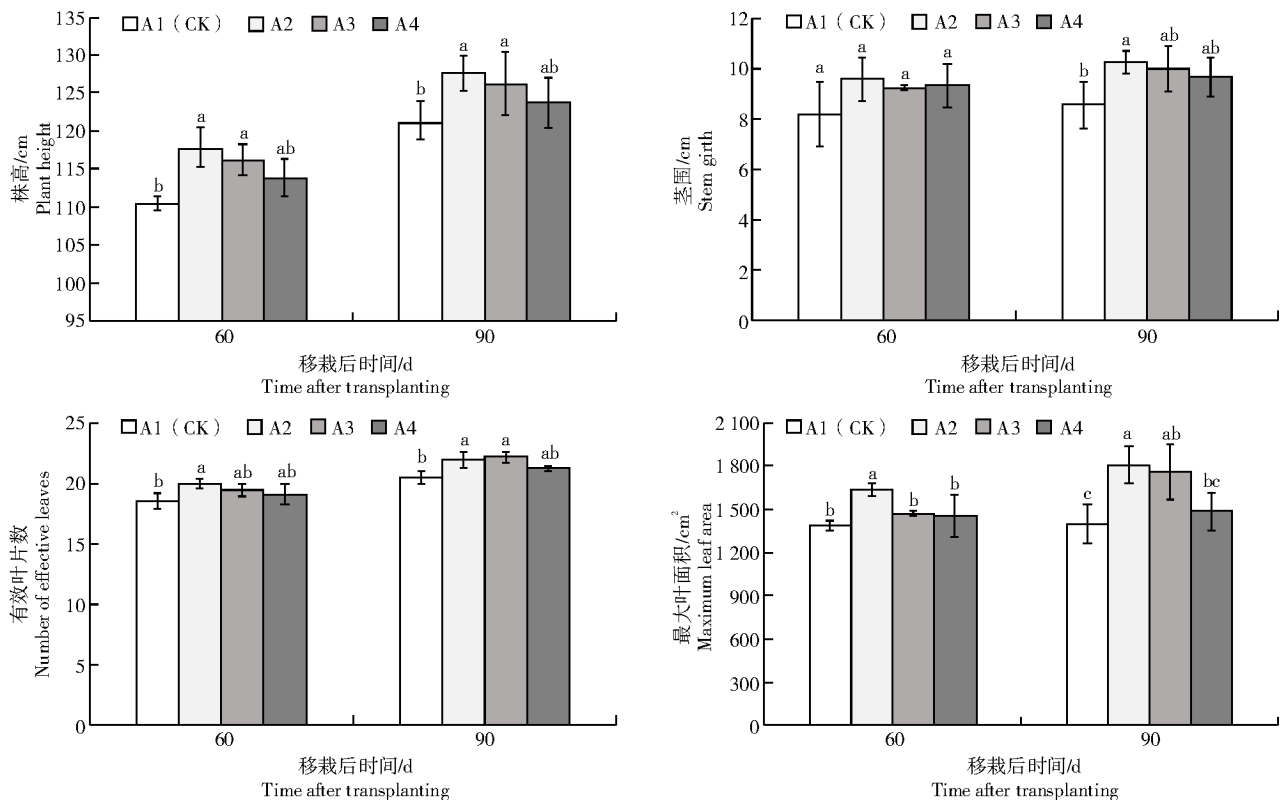
表 3 不同外源调节物质对硃砂烟生育时期的影响  
Tab.3 Effects of different exogenous regulators on the growth period of Zhusha tobacco 月-日

处理 Treatment	生育时期 Growth period			
	现蕾期 Squaring period	中心花开放期 Central flower opening period	脚叶成熟期 Foot leaf mature period	顶叶成熟期 Top leaf mature period
A1(CK)	07-09	07-15	07-18	09-07
A2	07-12	07-18	07-21	09-09
A3	07-11	07-17	07-21	09-08
A4	07-12	07-18	07-21	09-09

## 2.2 不同外源调节物质对砵砂烟主要农艺性状的影响

农艺性状是反映烟株田间长势好坏最直接的外在表现<sup>[28]</sup>,也是植物内在生理协调好坏的体现<sup>[29]</sup>。由图1可知,移栽后60 d,株高方面,A2、A3、A4处理之间无显著差异,但A2、A3处理均显著高于A1处理( $P<0.05$ );茎围方面,A2处理略高于其他处理,但各处理间无显著差异;有效叶片数和最大叶面积方面,A2处理均最高,且最大叶面积显著高于其他处理( $P<0.05$ )。移栽后90 d,株高方面,

A2、A3、A4处理之间无显著差异,但A2、A3处理均显著高于A1处理( $P<0.05$ );茎围和有效叶片数方面,A1、A2、A3处理之间无显著差异,但A2处理均显著高于A1处理( $P<0.05$ );最大叶面积方面,A2、A3处理之间无明显差异,但均显著高于A1处理( $P<0.05$ )。株高、茎围、有效叶片数和最大叶面积在移栽后60、90 d均有显著增加,增幅分别为2.21%~6.56%、12.96%~19.79%、3.13%~7.85%和2.21%~6.56%。在主要农艺性状方面,整体上均表现出A2处理较优。



不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P<0.05$ )。图2同

Different lowercase letters indicated significant differences between different treatments ( $P<0.05$ ). The same as below

图1 不同外源调节物质对砵砂烟主要农艺性状的影响  
Fig.1 Effects of different exogenous regulators on main agronomic traits of Zhusha tobacco

## 2.3 不同外源调节物质对砵砂烟主要病害发生情况的影响

由图2和表4可知,花叶病发病率方面,A1、A4处理之间无显著差异,且均显著高于A2、A3处理( $P<0.05$ ),相较于A1处理,A2、A3处理的发病率分别降低了36.71%、23.21%,且A2处理的病情指数显著最低( $P<0.05$ );气候性斑点病发病率方面,A1处理显著最高( $P<0.05$ ),A2、A3、A4处理之间无显著差异,相较于A1处理,A2、A3、A4处理的发病率分别降低了21.29%、16.72%、15.03%,病情指数方面,A3、A4处理略低于A1处理,但A1、A3、A4

处理间无显著差异,且均显著高于A2处理( $P<0.05$ );黑胫病发病率方面,A1处理显著高于其他处理( $P<0.05$ ),A2处理略低于A3处理,但2个处理之间无显著差异,相较于A1处理,A2、A3、A4处理的发病率分别降低了27.48%、25.67%、17.34%,病情指数方面,A2处理略低于A3处理,但2个处理间无显著差异;脉斑病毒病发病率方面,A1处理显著最高( $P<0.05$ ),A2、A3、A4处理之间无显著差异,相较于A1处理,A2、A3、A4处理的发病率分别降低了19.94%、18.59%、20.54%,病情指数方面,A1处理显著最高( $P<0.05$ ),A2略低于A4处理,但

2 个处理间无显著差异。

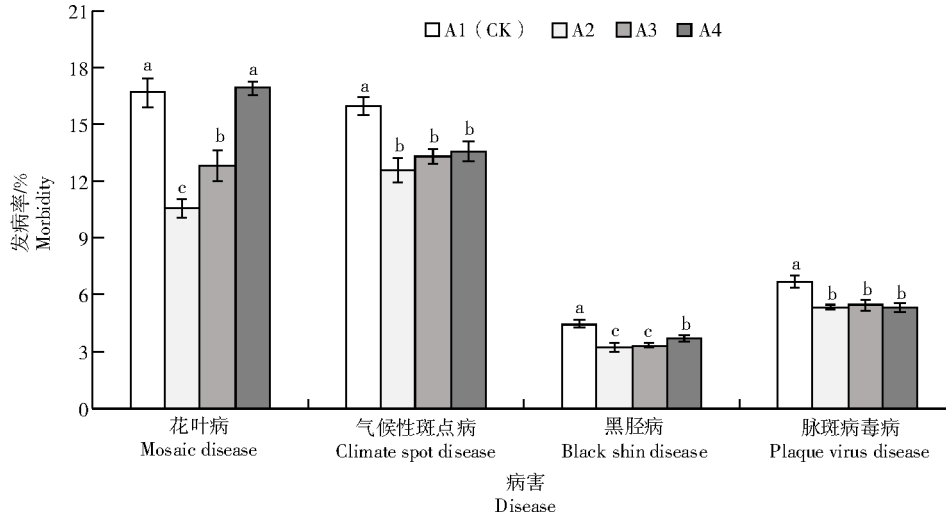


图 2 不同外源调节物质对砵砂烟主要病害发病率的影  
**Fig.2 Effects of different exogenous regulators on the incidence of main diseases of Zhusha tobacco**

表 4 不同外源调节物质对砵砂烟主要病害病情指数的影响  
**Tab.4 Effects of different exogenous regulators on the disease index of main diseases of Zhusha tobacco** %

处理 Treatment	病害 Disease			
	花叶病 Mosaic disease	气候性斑点病 Climate spot disease	黑胫病 Black shin disease	脉斑病毒病 Plaque virus disease
A1(CK)	2.42±0.14a	2.08±0.07a	0.71±0.02a	0.86±0.04a
A2	1.37±0.21c	1.38±0.09b	0.53±0.04b	0.74±0.07c
A3	2.27±0.10ab	2.10±0.16a	0.55±0.03b	0.83±0.02ab
A4	1.96±0.32b	2.04±0.13a	0.70±0.03a	0.76±0.02bc

注:表中同列不同小写字母为 0.05 水平上的显著性差异。下表同。  
 Note: The different lowercase letters in the table were significant differences at the 0.05 level. The same as below.

2.4 不同外源调节物质对砵砂烟光合特性的影响

由表 5 可知,烟株叶片的光合特性在净光合速率、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度和 SPAD 值方面,均表现出 A2 处理略高于 A4 处理,但 2 个处理间无显著

差异,且均显著高于 A1 处理 ( $P < 0.05$ );蒸腾速率方面,A2 处理显著高于其他处理 ( $P < 0.05$ ),A3、A4 处理略高于 A1 处理,但 3 个处理间无显著差异。

表 5 不同外源调节物质对砵砂烟光合特性的影响  
**Tab.5 Effects of different exogenous regulators on photosynthetic characteristics of Zhusha tobacco**

处理 Treatment	净光合速率/ ( $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ) Net photosynthetic rate	气孔导度/ ( $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ) Stomatal conductance	胞间 CO <sub>2</sub> 浓度/ ( $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ) Intercellular CO <sub>2</sub> concentration	蒸腾速率/ ( $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ) Transpiration rate	SPAD
A1(CK)	17.46±0.50c	0.01±0b	290.44±5.18b	0.07±0.01b	40.37±0.93c
A2	18.83±0.37a	0.02±0a	320.63±10.03a	0.12±0.01a	42.67±1.69a
A3	17.89±0.46bc	0.01±0b	300.06±4.77b	0.08±0.01b	41.07±0.88bc
A4	18.44±0.26ab	0.02±0a	318.83±8.39a	0.08±0.01b	42.23±0.86ab

2.5 不同外源调节物质对砵砂烟原烟外观质量与经济性状的影响

2.5.1 不同外源调节物质对砵砂烟原烟外观品质的影响 从表 6 可以看出,施用外源调节物质后烤后原烟外观质量发生了变化,且不同外源调节物

质对原烟外观质量的影响有所不同。在分值上,成熟度方面,A2、A3 处理间无显著差异,但均显著高于 A1 处理 ( $P < 0.05$ );颜色方面,A2、A3 处理间无显著差异,但均显著高于 A1、A4 处理 ( $P < 0.05$ );油分方面,A2、A3 处理间无显著差异,但均

显著高于A4处理( $P<0.05$ );叶片厚度和总分方面 A2处理显著高于其他处理( $P<0.05$ )。整体上,原烟外观质量在特征与分值方面均表现出A2处理较优。

表6 不同外源调节物质对砵砂烟原烟外观质量的影响  
Tab.6 Effects of different exogenous regulators on appearance quality of raw tobacco of Zhusha tobacco

处理 Treatment	成熟度 Maturity		颜色 Color		油分 Oil content		叶片结构 Leaf structure		叶片厚度 Blade thickness		总分 Aggregate score
	特征 Feature	分值 Score values	特征 Feature	分值 Score values	特征 Feature	分值 Score values	特征 Feature	分值 Score values	特征 Feature	分值 Score values	
	A1(CK)	成熟	7.77±0.15c	橘黄	8.03±0.12b	稍足	7.97±0.12b	疏松,有弹性	8.17±0.15b	稍薄	
A2	成熟	8.53±0.15a	橘黄	8.53±0.06a	足	8.27±0.12a	疏松,弹性好	8.47±0.06a	适中	7.83±0.06a	41.63±0.21a
A3	成熟	8.33±0.06ab	橘黄	8.53±0.12a	足	8.13±0.06ab	疏松,弹性好	8.03±0.06bc	适中	7.83±0.06a	40.87±0.15b
A4	成熟	8.13±0.06b	橘黄	8.13±0.06b	稍足	7.77±0.12c	尚疏松,有弹性	7.90±0.10c	稍薄	7.23±0.15b	39.17±0.06c

2.5.2 不同外源调节物质对砵砂烟经济性状的影响 烤烟的产量、产值、均价、中上等烟比例及外观品质是衡量烤烟经济性状的重要指标<sup>[30]</sup>。从表7可以看出,烟叶在产量和中上等烟占比均表现出A2>A3>A4>A1,但各处理间无显著差异;均价方面,A2处理略高于A3处理,但2个处理之间无明显差异,且均显著高于其他处理( $P<0.05$ );相较于

A1处理,A2、A3、A4处理的均价分别提高了8.69%、8.49%、1.12%;产值方面,A2处理最高,但A2、A3、A4处理之间无明显差异,且均显著高于A1处理( $P<0.05$ ),相较于A1处理,A2、A3、A4处理的产值分别提高了12.28%、11.84%、2.98%,中上等烟比例分别提高了1.88%、0.90%、0.18%。

表7 不同外源调节物质对烤后烟叶经济性状的影响  
Tab.7 Effects of different exogenous regulators on economic traits of flue-cured tobacco leaves

处理 Treatment	产量/(kg/hm <sup>2</sup> ) Yield	均价/(元/kg) Average price	产值/(万元/hm <sup>2</sup> ) Value of output	中上等烟比例/% Ratio of middle and superior tobacco leaves
A1(CK)	2 362.86±98.30a	19.55±0.29b	4.62±0.25b	76.66±0.34a
A2	2 441.90±113.41a	21.25±0.09a	5.19±0.25a	78.10±0.50a
A3	2 437.14±111.30a	21.21±0.16a	5.17±0.21a	77.35±1.41a
A4	2 405.71±86.93a	19.77±0.61b	4.76±0.30ab	76.80±0.87a

2.6 不同外源调节物质对砵砂烟烤后烟叶化学成分的影响

烟叶化学成分作为烟叶香味风格和质量特征形成的物质基础,其含量高低以及各个化学成分

之间是否协调将直接决定内在品质的好坏<sup>[31]</sup>。不同外源调节物质处理后,砵砂烟烤后烟叶化学成分分析结果如表8所示。

表8 不同外源调节物质对砵砂烟烤后烟叶化学成分的影响  
Tab.8 Effects of different exogenous regulators on chemical composition of flue-cured tobacco leaves of Zhusha tobacco

处理 Treatment	总糖含量/% Total polysaccharide content	还原糖含量/% Reducing sugar content	总氮含量/% Total nitrogen content	烟碱含量/% Nicotine content	糖碱比 Sugar-to-alkali ratio	氮碱比 Nitrogen-nicotine ratio	钾含量/% Potassium content	氯含量/% Chlorine content	钾氯比 Ratio of potassium to chlorine
A1(CK)	25.69±0.51c	20.145±0.82b	2.75±0.06a	2.36±0.02a	8.55±0.41a	1.17±0.02a	5.42±0.09b	0.59±0.05a	9.23±0.85b
A2	26.43±0.08b	21.25±0.66a	2.37±0.10b	2.32±0.03a	9.17±0.36a	1.02±0.04b	6.22±0.14a	0.54±0.03ab	11.54±0.79a
A3	27.66±0.36a	19.89±0.23b	2.33±0.05b	2.31±0.10a	8.62±0.29a	1.01±0.06b	6.20±0.07a	0.53±0.01ab	11.70±0.29a
A4	25.40±0.24c	21.42±0.08a	2.30±0.03b	2.41±0.06a	8.88±0.18a	0.95±0.03b	5.52±0.09b	0.51±0.03b	10.93±0.88a
优质适宜范围 Suitable range of high quality	24~33	20~28	1.8~2.4	2.0~3.0	10~15	0.7~1.0	≥1.7	0.1~0.6	≥8

从表 8 可以看出,烤后烟叶总糖含量方面,A3 处理显著高于其他处理( $P<0.05$ ),各处理均处于优质适宜范围;还原糖含量方面,A2、A4 处理之间无明显差异,但均显著高于其他处理( $P<0.05$ ),A1、A2、A4 处理处于优质适宜范围;总氮含量方面,A1 处理显著高于其他处理( $P<0.05$ ),A2、A3、A4 处理间无显著差异,且均处于优质适宜范围;烟碱含量方面,各处理间无显著差异,且均处于优质适宜范围;糖碱比方面,各处理间无明显差异,且各处理均不在优质适宜范围内,但 A2 处理更为接近适宜范围;氮碱比方面,A1 处理显著高于其他处理( $P<0.05$ ),A2、A3、A4 处理间无明显差异,但仅 A4 处理处于优质适宜范围;钾含量方面,各处理均处于优质适宜范围,A2、A3 处理间无明显差异,且均显著高于其他处理( $P<0.05$ );氯含量方面,各处理均处于优质适宜范围,A1、A2、A3 处理间无明显差异,A4 处理显著低于 A1 处理( $P<0.05$ );钾氯比方面,各处理均处于优质适宜范围,A2、A3、A4 处理间无明显差异,且均显著高于 A1 处理( $P<0.05$ )。综上,烤后烟叶化学成分含量及协调性整体表现出 A1 处理较差。

### 3 结论与讨论

前人研究表明,在烟草栽培过程中,施用外源调节物质可以通过调控生理过程,促进烟株根系发育,提高烟株抗逆性,使烟株生长更健壮,提高烟叶产量、改善烟叶内在品质<sup>[32-35]</sup>。多利维生主要成分为寡雄腐霉菌,是一种可以抑制多种土壤真菌病害的微生物杀菌剂,同时其还能刺激植物产生激素,增强抗性,从而促进植株生长与发育<sup>[13-14]</sup>;精氨酸-硼锌复合物是氨基酸的水溶性肥料,叶面喷施可以促进叶面的光合作用,增加干物质积累<sup>[15-16]</sup>;氯化胆碱具有广效性,其能显著提高叶片中的叶绿素含量,同时还能促进种子发芽和植株生根<sup>[17-18]</sup>。

本研究中,各处理移栽期相同,相较于 A1 处理,A2、A3 和 A4 处理烟株随外源调节物质的施用在各个生育时期均出现延后,不同程度增加了烟株在大田的生长周期。研究表明,大田生育时期的延长使烟株对土壤养分含量的吸收增加和叶片的光合作用的增强,使得叶片增大和干物质含量的积累<sup>[36]</sup>,进一步加速烟株生长,这与本研究中施用外源调节物质后烟株的农艺性状和光合特性表现一致。养分含量的充足供应使得烟株能健康生长以及具有更强的光合作用,进而使得烟株具有更强的

抵抗力,具有抵御病害的能力,因而能够不同程度减缓和降低病害的发生,并且使用的外源调节物质具有一定含量的微量营养元素,叶面喷施进一步提高烟株对养分物质的吸收,提高了烟株的抗病性;另外,施用的 3 种外源调节物质对烟株还具有一定调节烟株正常生理代谢的能力,它能够促进烟株体内内源激素的累积及分配,维持各内源激素的平衡,调控植株体内生理代谢<sup>[37]</sup>,增强烟株对病害的抵抗力,降低烟株病害的发病率,使得烟株的健康生长,也进一步促进了烟株叶片的光合作用,使得叶片干物质的累积得到增加<sup>[36-39]</sup>,这也与本研究中,施用外源调节物质后烟株的农艺性状和烟株发病率及发病程度降低表现一致。丁锋<sup>[20]</sup>研究表明,利用多利维生、精氨酸-硼锌复合物和氯化胆碱 3 种外源调节物质配水叶面喷施到 K326 烟草上,能够显著提高烟叶品质,使烟叶化学成分更加协调并提高中上部叶比例。充足的养分供应、烟株的茁壮生长和发病率的降低为品质更优的烟叶生产提供了必要保障<sup>[37]</sup>,良好的生长发育提高了烟株叶片外在品质与内在化学成分的协调性,也更趋于优质适宜范围,这与本研究中烟叶外观质量和经济性状以及烟叶化学成分表现相一致。但本研究中,施用不同外源调节物质对各处理烟株的大田生育期、农艺性状、病害发生情况和烟叶品质及经济性状方面的促进作用不同,可能是由于所施用的外源调节物质所含成分及用量不同,因而对烟株生长的促进作用效果不同。

外源调节物质在各种农作物的生产上已经开展了较多研究,但在砾砂烟上的应用还较少。本试验仅选取前人在其他作物或普通烟草上研究效果较好的 3 种外源调节物质对砾砂烟的影响进行研究,因此在不同种类外源调节物质以及用法用量和配施上对砾砂烟生长发育的影响还有待进一步研究。

综上所述,在本试验条件下,所选取的多利维生、精氨酸-硼锌复合物和氯化胆碱 3 种外源调节物质均可显著促进砾砂烟的生长发育,增强烟株的抗逆性,降低病害发病率和发病程度,提高烟叶产量,改善烟叶品质,相较于未施用外源调节物质来看,整体上以施用多利维生效果最佳。

#### 参考文献:

- [1] HALL J L, WEYBREW J A, MANN T J. Conversion of nicotine to normicotine in grafts between cherry-red tobacco and re-

- lated materials[J]. *Plant Physiology*, 1965, 40(1):45-48.
- [2] WERNSMAN E A, MATZINGER D F. Time and site of nicotine conversion in tobacco[J]. *Tobacco Science*, 1968, 12:226.
- [3] 焦天雷, 朱杰, 和智君, 等. 砵砂烟叶的化学成分分析[J]. *中国食品工业*, 2022(12):115-119.  
JIAO T L, ZHU J, HE Z J, et al. Analysis of chemical components in cinnabar tobacco leaves[J]. *China Food Industry*, 2022(12):115-119.
- [4] 张志明, 董高峰, 殷沛沛, 等. 砵砂烟叶形成机理及物质特征研究[J]. *中国食品工业*, 2022(9):109-112.  
ZHANG Z M, DONG G F, YIN P P, et al. Study on the formation mechanism and material characteristics of cinnabar tobacco leaves[J]. *China Food Industry*, 2022(9):109-112.
- [5] 宋中邦, 隋学艺, 张谊寒, 等. 砵砂烟 CYP82E4 基因表达模式及烟碱转化率分析[J]. *中国烟草学报*, 2021, 27(6):75-80.  
SONG Z B, SUI X Y, ZHANG Y H, et al. The CYP82E4 expression pattern and nicotine conversion rate in cherry-red tobacco[J]. *Acta Tabacaria Sinica*, 2021, 27(6):75-80.
- [6] 刘飞. 砵砂烟生理特征及其应答缺铁胁迫的机理研究[D]. 昆明:昆明理工大学, 2021.  
LIU F. Physiological characteristics of cherry red tobacco and mechanisms of its response to iron deficiency stress[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2021.
- [7] 李振杰, 刘洋, 杨依婕, 等. 砵砂烟热解气体产物特性及感官品质分析[J]. *材料导报*, 2022, 36(S2):519-522.  
LI Z J, LIU Y, YANG Y J, et al. Analysis of smoke characteristics and sensory characteristics of "Cherry-red" tobacco[J]. *Materials Reports*, 2022, 36(S2):519-522.
- [8] 李勇, 逢涛, 师君丽, 等. 砵砂烟叶主要香气物质特征解析[J]. *中国烟草科学*, 2021, 42(4):78-84.  
LI Y, PANG T, SHI J L, et al. Analysis of flavor compounds of cherry-red tobacco[J]. *Chinese Tobacco Science*, 2021, 42(4):78-84.
- [9] 堵彦琼. 烟草栽培中植物生长调节剂的应用研究[J]. *智慧农业导刊*, 2022, 2(21):70-72.  
DU Y Q. Study on the application of plant growth regulators in tobacco cultivation[J]. *Journal of Smart Agriculture*, 2022, 2(21):70-72.
- [10] 白永富, 王荔, 王绍坤. 氯化胆碱提高烤烟 K326 种子活力研究[J]. *云南农业大学学报(自然科学版)*, 2001, 16(2):117-119.  
BAI Y F, WANG L, WANG S K. Using choline chloride to improve flue-cured tobacco K326 seed vigor[J]. *Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science)*, 2001, 16(2):117-119.
- [11] 张甘雨, 亓彬, 陈敏, 等. 3种植物生长调节剂对红提葡萄产量和品质的影响[J]. *特种经济动植物*, 2023, 26(1):25-27.  
ZHANG G Y, QI B, CHEN M, et al. Effects of three plant growth regulators on yield and quality of red globe grape[J]. *Special Economic Animals and Plants*, 2023, 26(1):25-27.
- [12] 王学萍, 程世敏, 黄丽娜, 等. 几种植物生长调节剂对黄灯笼辣椒产量及养分吸收的影响[J]. *热带农业科学*, 2022, 42(10):18-23.  
WANG X P, CHENG S M, HUANG L N, et al. Effects of several plant growth regulators on the production and nutrient uptake of yellow lantern chili[J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2022, 42(10):18-23.
- [13] 陈风雷, 孙光军, 王霞, 等. 中国烟叶良好农业规范(GAP)发展现状与问题[J]. *中国烟草科学*, 2013, 34(5):108-112.  
CHEN F L, SUN G J, WANG X, et al. Development of good agricultural practices on China tobacco production[J]. *Chinese Tobacco Science*, 2013, 34(5):108-112.
- [14] 贾瑞莲, 耿明明, 李艳, 等. 寡雄腐霉发酵液对烤烟的促生及防黑胫病效应分析[J]. *烟草科技*, 2016, 49(2):21-28.  
JIA R L, GENG M M, LI Y, et al. Effect of *Pythium oligandrum* broth on growth promotion and black shank control of flue-cured tobacco[J]. *Tobacco Science & Technology*, 2016, 49(2):21-28.
- [15] 贾海江, 吕晓琳, 韦建玉, 等. 寡雄腐霉与氟啶唑吡乙酮协同防治烟草黑胫病研究[J]. *中国烟草科学*, 2022, 43(5):44-49.  
JIA H J, LÜ X L, WEI J Y, et al. Synergistic control effect of oxathiapiprolin and *Pythium oligandrum* against tobacco black shank[J]. *Chinese Tobacco Science*, 2022, 43(5):44-49.
- [16] 闵岳灵, 旷碧峰, 刘志华, 等. 含氨基酸水溶肥料在结球甘蓝上的应用效果试验[J]. *上海蔬菜*, 2021(3):50-51.  
MIN Y L, KUANG B F, LIU Z H, et al. Experiment on the application effect of water soluble fertilizer containing amino acid on brussels sprouts[J]. *Shanghai Vegetables*, 2021(3):50-51.
- [17] 胡海, 吕世保, 潘义宏, 等. 氨基酸水溶肥与烟草追肥配施对烤烟生长及烟叶产质量的影响[J]. *贵州农业科学*, 2022, 50(5):23-32.  
HU H, LÜ S B, PAN Y H, et al. Effect of amino acid water-soluble fertilizer combined with topdressing fertilizer on growth, yield and quality of flue-cured tobacco[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2022, 50(5):23-32.
- [18] 仲晓君, 李强, 周喜新, 等. 3种外源植物生长调节剂对干旱胁迫下烟草生理的影响[J]. *安徽农业大学学报*, 2017, 44(6):1139-1143.  
ZHONG X J, LI Q, ZHOU X X, et al. Effects of three exogenous plant growth regulators on tobacco physiology under drought stress[J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2017, 44(6):1139-1143.
- [19] 梁琼月, 潘明君, 尹永强, 等. 育苗期施用复合植物生长调节剂对烤烟生长、产量及品质的影响[J]. *甘肃农业大学学报*, 2020, 55(2):98-104.  
LIANG Q Y, PAN M J, YIN Y Q, et al. Effects of plant growth regulators compound on growth, yield and quality of Flue-cured tobacco[J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2020, 55(2):98-104.
- [20] 丁锋. 烤烟烟碱含量的外源调节物质调节效应[D]. 南京:南京农业大学, 2006.  
DING F. Effects of exogenous regulatory substances on nicotine content in flue-cured tobacco[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2006.
- [21] 国家烟草专卖局. 烟草农艺性状调查测量方法:YC/T 142—2010[S]. 北京:中国标准出版社, 2010.  
National Tobacco Monopoly Bureau. Tobacco agronomic traits survey measurement method: YC/T 142-2010[S]. Beijing: China Standard Publishing House, 2010.
- [22] 李云霞, 李磊, 李思军, 等. 栽培措施对烤烟新品系HN2146农艺性状及产量的影响[J]. *中国农学通报*, 2022, 38(16):13-17.

- LI Y X, LI L, LI S J, et al. Effects of cultivation measures on agronomic traits and yield of new flue-cured tobacco line HN2146[J]. China Agricultural Bulletin, 2022, 38(16): 13-17.
- [23] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 烟草病虫害分级及调查方法: GB/T 23222—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Grade and investigation method of tobacco diseases and insect pests: GB/T 23222-2008[S]. Beijing: Standards Press of China, 2009.
- [24] 国家技术监督局. 烤烟: GB 2635—1992[S]. 北京: 中国标准出版社, 1992.
- National Bureau of Technical Supervision. Flue-cured tobacco: GB 2635-1992[S]. Beijing: China Standard Publishing House, 1992.
- [25] 邓小华, 周冀衡, 杨虹琦, 等. 湖南烤烟外观质量量化评价体系的构建与实证分析[J]. 中国农业科学, 2007, 40(9): 2036-2044.
- DENG X H, ZHOU J H, YANG H Q, et al. Construction and empirical analysis of evaluating quantitative system of the appearance quality of flue-cured tobacco in Hunan[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2007, 40(9): 2036-2044.
- [26] 邓小华, 陈冬林, 周冀衡, 等. 湖南烤烟物理性状比较及聚类评价[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(3): 63-68.
- DENG X H, CHEN D L, ZHOU J H, et al. Cluster evaluation and comparative analysis on physical properties of flue-cured tobacco leaf in Hunan[J]. Chinese Tobacco Science, 2009, 30(3): 63-68.
- [27] 云南中烟工业有限责任公司. Q/YZY 1—2009 烤烟主要内在化学成分指标要求[S]. 昆明: 云南中烟工业有限责任公司, 2009.
- Yunnan Tobacco Industry Co., Ltd.. Q/YZY 1-2009 Flue-cured tobacco main internal chemical composition index requirements[S]. Kunming: Yunnan Tobacco Industry Co., Ltd., 2009.
- [28] 贺凌霄, 张谦, 彭玉富, 等. 种植密度、施氮量和留叶数对烤烟生长特性及产质量的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2020, 41(2): 40-45.
- HE L X, ZHANG Q, PENG Y F, et al. Effects of planting density, nitrogen application amount, remained leaf number on growth characteristics, yield and quality of flue-cured tobacco[J]. Journal of Yangzhou University(Agricultural and Life Science Edition), 2020, 41(2): 40-45.
- [29] SUBHASHINI D V, HARISHU KUMAR P. Effect of long-term application of mineral fertilizers and FYM on microbial dynamics, yield and quality of FCV tobacco (*Nicotiana tabacum*) grown in vertisols[J]. The Indian Journal of Agricultural Sciences, 2019, 89(8): 1328-1333.
- [30] 王慧芳, 张希, 冯小虎, 等. 不同植物生长调节剂对烤烟生长发育的影响[J]. 作物杂志, 2021, (3): 173-177.
- WANG H F, ZHANG X, FENG X H, et al. Effects of different plant growth regulators on the growth and development of flue-cured tobacco[J]. Crops, 2021, (3): 173-177.
- [31] 赵环宇. 植物生长调节剂对烤烟上部叶生长发育及质量的影响研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2019.
- ZHAO H Y. Effects of plant growth regulators on growth development and quality of upper leaves of flue-cured tobacco[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2019.
- [32] 陈蔚燕. 新型植物生长调节剂对烤烟幼苗生长的影响[J]. 河南农业科学, 2015, 44(5): 63-66.
- CHEN W Y. Effects of new plant growth regulators on growth and quality of tobacco seedlings[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2015, 44(5): 63-66.
- [33] SHEN F K, WEI Z, WANG L, et al. Effects of plant growth regulator on absorption, circulation and contents of potassium in flue-cured tobacco[J]. Agricultural Science & Technology, 2011, 12(12): 1877-1880, 1982.
- [34] 杨利云, 王丽特, 徐照丽, 等. 4种化学调控剂对烟草幼苗耐弱光性及光合特性的影响[J]. 西北植物学报, 2018, 38(1): 121-130.
- YANG L Y, WANG L T, XU Z L, et al. Effects of four chemical regulators on low light tolerance and photosynthetic characteristics of *Nicotiana tabacum* seedlings[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2018, 38(1): 121-130.
- [35] 陈富彩. 外源 GA3 和 IAA 对烤烟上部叶碳氮代谢及品质的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
- CHEN F C. Effect of exogenous gibberellin(GA3) and indoleacetic acid(IAA) on carbon and nitrogen metabolism and quality of upper leaves of flue-cured tobacco[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2016.
- [36] 郝浩浩, 薛立新, 许自成, 等. 不同氮肥用量和氮钾配比对济源烤烟生长和品质性状的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2015, 50(5): 88-93.
- HAO H H, XUE L X, XU Z C, et al. Effects of nitrogen application amount and ratio of nitrogen to potassium on the growth and quality traits of Jiyuan flue-cured tobacco[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2015, 50(5): 88-93.
- [37] 任志广. 外源物质对烤烟上部叶生理特性和品质指标的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2018.
- REN Z G. Effect of exogenous substances on physiological characteristics and quality indexes of upper leaves of flue-cured tobacco[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2018.
- [38] 王欢欢, 任天宝, 张志浩, 等. 生物质炭对烤烟旺长期根系发育及光合特性的影响[J]. 水土保持学报, 2017, 31(2): 287-292.
- WANG H H, REN T B, ZHANG Z H, et al. Effects of biochar on root development and leaf photosynthetic characteristics of flue-cured tobacco in the vigorous growing period[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2017, 31(2): 287-292.
- [39] 赵华武, 贺帆, 宫长荣, 等. 烤烟化学成分与主体香味成分的相关和通径分析[J]. 河南农业科学, 2012, 41(7): 42-46.
- ZHAO H W, HE F, GONG C R, et al. Correlation and path analysis for chemical composition and principal aroma and flavor constituents of flue-cured tobacco in China[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2012, 41(7): 42-46.