

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2024.03.007

烤烟漂浮育苗隐性感染烟苗危害损失研究和防治药剂筛选

何晓冰¹, 王颢杰², 李俊营¹, 常栋¹,
周硕野³, 孟颢光², 蒋士君², 崔江宽²

1. 河南省烟草公司平顶山市公司, 河南 平顶山 467000;

2. 河南农业大学植物保护学院, 郑州 450046;

3. 河南省烟草专卖局(公司), 郑州 450018

摘要:近年来,黄淮烟区烤烟漂浮育苗隐性感染问题日趋严重且难以预防,严重影响了大田烟株的健康,筛选有效的植物生长调节剂防治隐性感染烟苗,对提升烤烟抗病抗逆性具有重要意义.本研究采用3种植物生长调节剂(安必神、田佰利、阿泰灵)及不同浓度的次氯酸钠(1 000倍液、2 000倍液、4 000倍液)进行单剂和复配处理,针对不同等级的隐性感染烟苗进行注射灌根,以清水处理和0级烟苗为双重对照,14 d后统计不同处理对隐性感染烟苗农艺性状、根活力和MDA摩尔质量的影响.结果显示,植物生长调节剂处理对隐性感染1级和2级烟苗防效显著.次氯酸钠2 000倍液与阿泰灵复配处理,相比于清水对照,能明显提升1级和2级烟苗的根长、侧根数、最大叶面积、叶绿素含量、根活力,分别提升了76.36%, 57.94%, 17.18%, 55.67%, 41.29%和32.14%, 77.18%, 54.67%, 25.89%, 28.47%;MDA摩尔质量分别降低了31.93%和37.20%;同时将1级和2级烟苗根活力提升至0级烟苗的102.91%和79.92%,而3级和4级烟苗则仅提升至0级烟苗的65.85%和36.88%.由结果可知,次氯酸钠2 000倍液与阿泰灵复配处理可快速提升隐性感染1级和2级烟苗根系活力,增强烟苗抗病抗逆性,虽然对隐性感染3级和4级烟苗的防治效果较差,仍推荐选用次氯酸钠2 000倍液和阿泰灵复配处理防治隐性感染烟苗.

关键词:漂浮育苗;隐性感染烟苗;

抗病抗逆性;阿泰灵

中图分类号:S435.72

文献标志码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号:2097-1354(2024)03-0061-11

收稿日期:2023-11-23

基金项目:河南省烟草公司平顶山市公司科技项目(PYKJ202102);中国烟草总公司河南省公司重点项目(2023410000240023).

作者简介:何晓冰,硕士,农艺师,主要从事烟草栽培及病理研究.

共同第一作者:王颢杰,硕士研究生,主要从事烟草抗病抗逆强化技术研究.

通信作者:崔江宽,博士,副教授.

Study on the Damage Loss of Tobacco Seedlings by Recessive Infection in Tobacco Float Seedling Production and Screening of Control Agents

HE Xiaobing¹, WANG Haojie², LI Junying¹,
CHANG Dong¹, ZHOU Shuoye³, MENG Haoguang²,
JIANG Shijun², CUI Jiangkuan²

1. Henan Tobacco Company Pingdingshan City Company, Pingdingshan Henan 467000, China;

2. College of Plant Protection, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450046, China;

3. Henan Tobacco Monopoly Bureau (Company), Zhengzhou 450018, China

Abstract: In recent years, the problem of recessive infection of flue-cured tobacco float seedling production in Huang-Huai tobacco area has gradually increased and is difficult to prevent, which seriously affects the health of tobacco plants in the field. Screening plant growth regulators for effective prevention and treatment of recessive infected tobacco seedlings is of great significance to improve the disease resistance and stress resistance of flue-cured tobacco. Three kinds of plant growth regulators (Anbishen, Tianbaili and Atailing) and different concentrations of sodium hypochlorite (1 000-, 2 000- and 4 000- times dilution) were used for single and compound treatment. Different grades of recessive infected tobacco seedlings were selected for the treatment of injection and root irrigation, with water treatment and grade 0 tobacco seedlings as double controls. After 14 days, the effects of different treatments on agronomic traits, root activity and MDA content of recessive infected tobacco seedlings were investigated. The results showed that the plant growth regulator treatment had good control effect on the recessive infection of grade 1 and grade 2 tobacco seedlings. Compared with the water treatment, the root length, lateral root number, maximum leaf area, chlorophyll content and root activity of grade 1 and grade 2 tobacco seedlings were increased by 76.36%, 57.94%, 17.18%, 55.67%, 41.29% and 32.14%, 77.18%, 54.67%, 25.89%, 28.47%, respectively, and the MDA content was decreased by 31.93% and 37.20%, respectively. The root activity of grade 1 and grade 2 tobacco seedlings was increased to 102.91% and 79.92% of grade 0 tobacco seedlings, while grade 3 and grade 4 tobacco seedlings only increased to 65.85% and 36.88% of grade 0 tobacco seedlings. After treatment, the root activity of tobacco seedlings with recessive infection grade 1 and grade 2 could be rapidly improved, and the disease resistance and stress resistance of tobacco seedlings could be enhanced. The control effect on tobacco seedlings with recessive infection grade 3 and grade 4 was poor. It is recommended to use sodium hypochlorite solution of 2 000 times dilution and Atailing compound treatment to prevent recessive infection of tobacco seedlings.

Key words: floating seedling system; recessively infected tobacco seedlings; disease resistance and stress resistance; Atailing

烟草作为我国重要的经济作物,其苗期管理对烟草的生长发育和品质提升至关重要^[1].工厂化漂浮育苗是我国烤烟育苗的主导方式,具有占地面积小、成苗率高和管理方便等优点^[2].由于豫中烟区春季气候多变,烟草育苗过程中,极端气候条件的环境胁迫可导致烟苗生长缓慢、代谢受阻、抗性下降,出现隐性感染烟苗,严重影响烟草产量和品质^[3-4].漂浮育苗隐性感染烟苗病害为典型的非侵染性病害,危害损失大,防治难度高.研究表明,植物生长调节剂的

使用可以促进烟草的生长发育并提高其抗病抗逆性. 含氨基酸水溶肥料能够促进烟苗根系发育和植物生长, 增强植株的养分吸收能力和抗逆性, 并且可以减少大田期烟草花叶病的发生^[5-6]. 海藻寡糖多肽聚合氨基酸可以调节植物的生理代谢过程, 促进植物生长以及对逆境的适应性^[7]. 氨基寡糖素作为天然有机物, 可以促进烟草的生长发育并减少病毒病的发生^[8]. 极细链格孢激活蛋白作为一类植物内源激素, 可以激活植物的防御反应, 提升其抗病抗逆性^[9], 田间使用可以降低烟草病毒病的发生率^[10]. 次氯酸钠在烟草生产中常被用作消毒剂、清洁剂, 可有效减少潜在病原体传播, 从而促进烟草的生长发育^[11].

对于非侵染性病害, 常规化学植物生长调节剂难以有效利用, 防治效果普遍较差. 根据前期研究, 使用植物生长调节剂可提高烟苗抗病抗逆性, 有效提升烟苗的生产效益和品质. 因此, 筛选不同植物生长调节剂及其不同配比组合, 对于防治隐性感染烟苗病害具有重要的应用价值和科学意义. 本研究探究了多种植物生长调节剂单剂及其复配组合对漂浮育苗隐性感染烟苗病害的防治效果, 通过测定对比不同处理烟苗的农艺性状、根系活力和抗病抗逆酶活性变化, 明确各处理对漂浮育苗隐性感染烟苗病害的防治效果, 为解决漂浮育苗隐性感染烟苗病害问题提供数据支撑和防治建议.

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试烟苗为漂浮育苗大棚自然发病烟苗, 品种为“中烟 100”, 苗盘为 200 穴常规泡沫漂浮育苗盘, 苗龄为播种后 35 d, 烟苗处于生根期.

供试植物生长调节剂: 安必神水剂为拜尔中国生产, 田佰利水剂为英国兰博生物化学有限公司生产, 阿泰灵可湿性粉剂为北京中保绿农业科技集团有限公司生产, 10%次氯酸钠为天津市富宇精细化工有限公司生产.

1.2 试验设计

试验时间为 2022 年 4—6 月, 试验采用双重对照组设计, 发病烟苗清水处理为第一对照组(CK1), 健康烟苗清水处理为第二对照组(CK2). 处理组根据隐性感染烟苗发病等级分别选择 1 级烟苗、2 级烟苗、3 级烟苗和 4 级烟苗进行试验, 设置次氯酸钠 1 000 倍液、2 000 倍液和 4 000 倍液, 安必神 500 倍液、生根液 500 倍液和阿泰灵 500 倍液 6 种单剂, 以及次氯酸钠 3 种稀释倍数, 分别与 3 种植物生长调节剂 1:1 复配形成 9 种组合处理, 本试验共设置 17 个处理(表 1). 每隔 2 d 对烟苗进行灌根, 每株 1 mL, 灌根 3 次, 处理后 14 d 后调查, 每处理不少于 40 株. 试验期间, 温箱温度为 $(22 \pm 1)^{\circ}\text{C}$, 湿度 $(50\% \pm 10\%)$ RH, 光暗比 16 h:8 h, 光强 $(10\,000 \pm 2\,000)\text{lx}$.

隐性感染烟苗分级标准:

0 级(健康)烟苗: 盘面上烟苗茁壮、无黄化、无缺苗; 白色主根清晰、健壮、根部无症状.

1 级烟苗: 盘面上烟苗无缺苗, 少量($\leq 5\%$)烟苗弱小、黄化; 白色主根数量和长度基本正常, 但烟苗高度略低于正常, 极个别($\leq 5\%$)烟苗的主根尖端有轻微水渍状或褐变.

2 级烟苗: 盘面上烟苗基本正常, 但 $5\% \sim 25\%$ 的烟苗出现明显弱小、发黄; 根长明显短于正常, 气生根数量减少, 约 $1/3$ 根系尖端出现水渍状或褐变.

3 级烟苗: 盘面上 $25\% \sim 50\%$ 的烟苗出现黄化甚至死苗, 烟苗明显高度低于正常; $1/3 \sim 1/2$ 的主根稀疏、短小、根系尖端褐变甚至腐烂.

4级烟苗：盘面上50%以上的烟苗出现明显的黄化甚至死苗，烟苗生长极为缓慢，叶色无光泽、无弹性；1/2以上的主根细弱、短小，根系尖端褐变甚至腐烂。

表1 植物生长调节剂处理方法及有效成分

编号	处理方法	有效成分	每株用量/mL
T1	次氯酸钠 1 000 倍液	NaClO	1
T2	次氯酸钠 2 000 倍液	NaClO	1
T3	次氯酸钠 4 000 倍液	NaClO	1
T4	安必神 500 倍液	含氨基酸水溶肥料	1
T5	生根液 500 倍液	海藻寡糖多肽聚合氨基酸	1
T6	阿泰灵 500 倍液	3%氨基寡糖素和 3%极细链格孢激活蛋白	1
T7	次氯酸钠 1 000 倍液+安必神 500 倍液	NaClO+含氨基酸水溶肥料	0.5+0.5
T8	次氯酸钠 1 000 倍液+生根液 500 倍液	NaClO+海藻寡糖多肽聚合氨基酸	0.5+0.5
T9	次氯酸钠 1 000 倍液+阿泰灵 500 倍液	NaClO+3%氨基寡糖素和 3%极细链格孢激活蛋白	0.5+0.5
T10	次氯酸钠 2 000 倍液+安必神 500 倍液	NaClO+含氨基酸水溶肥料	0.5+0.5
T11	次氯酸钠 2 000 倍液+生根液 500 倍液	NaClO+海藻寡糖多肽聚合氨基酸	0.5+0.5
T12	次氯酸钠 2 000 倍液+阿泰灵 500 倍液	NaClO+3%氨基寡糖素和 3%极细链格孢激活蛋白	0.5+0.5
T13	次氯酸钠 4 000 倍液+安必神 500 倍液	NaClO+含氨基酸水溶肥料	0.5+0.5
T14	次氯酸钠 4 000 倍液+生根液 500 倍液	NaClO+海藻寡糖多肽聚合氨基酸	0.5+0.5
T15	次氯酸钠 4 000 倍液+阿泰灵 500 倍液	NaClO+3%氨基寡糖素和 3%极细链格孢激活蛋白	0.5+0.5
CK1	清水		1
CK2	清水		1

1.3 测定指标

1.3.1 农艺性状

各处理选取 10 株烟苗，按照《烟草农艺性状调查测量方法》(YC/T 142—2010)测定烟苗农艺性状，包括根长、侧根数、最大叶片的叶长和叶宽，并计算叶片的叶面积，使用植物营养测定仪(浙江脱普云农科技股份有限公司，TYS-4N)测定叶绿素含量。

$$\text{叶面积} = \text{叶长} \times \text{叶宽} \times 0.634$$

1.3.2 根活力测定

各处理随机选取 5 株，按照上海尚宝科技有限公司试剂盒说明书，采用 TTC 比色法，使用紫外分光光度计(上海翱艺仪器有限公司，UV-1800)测定烟苗根活力。

1.3.3 MDA 摩尔质量测定

各处理随机选取 5 株，按照北京索莱宝科技有限公司试剂盒说明书，采用微量法(Spectrophotometer)，使用酶标仪(美国赛默飞，Multiskan FC)测定丙二醛(MDA)摩尔质量。

1.4 数据处理与统计学分析

试验数据采用 Microsoft Excel 2019 和 IBM SPSS Statistics 23 软件进行整理分析，采用 Duncan's New Multiple Range Test 对各处理指标进行单因素方差分析($p < 0.05$)，使用 Origin 2022 绘制柱形图。

2 结果与分析

2.1 隐性感染烟苗的理化性状

隐性感染后期，烟苗生长极为缓慢，叶色无光泽，无弹性，出现明显的黄化和死苗情况。隐性

感染严重影响了烟苗的根系,随着发病等级的增加,烟苗根系弱小,侧根数和根长降低(图1)。

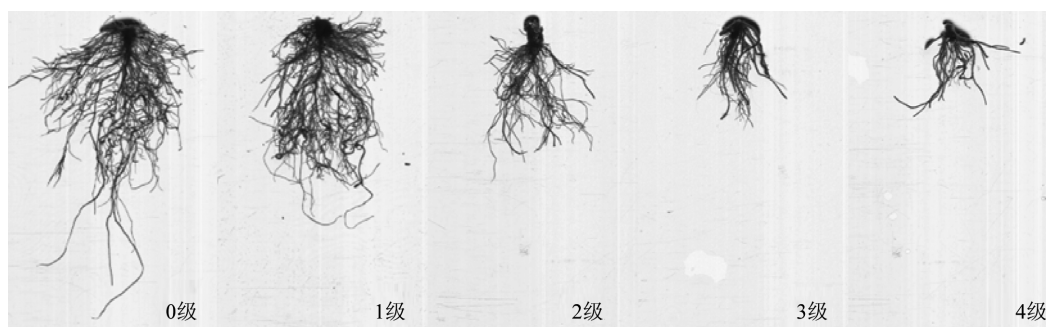
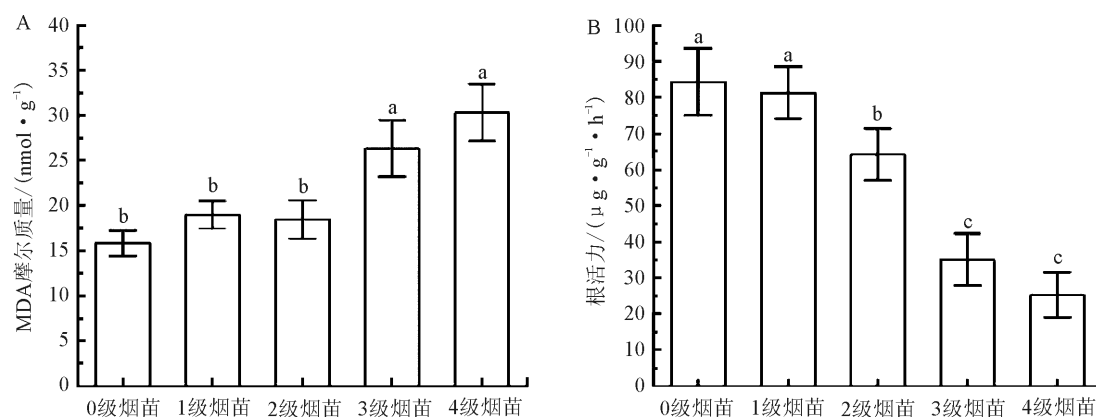


图1 不同发病等级隐性感染烟苗根系扫描图

隐性感染同时还显著影响了烟苗根系的MDA摩尔质量($p = 0.001$),MDA摩尔质量随发病等级的增加呈增高趋势,隐性感染3级和4级烟苗的MDA摩尔质量明显高于0级烟苗,分别增加了66.06%和91.19%。隐性感染对烟苗的根活力影响明显($p = 0.000$),其中2级、3级烟苗和4级烟苗的根活力明显低于0级烟苗,仅为0级烟苗的76.23%,41.72%和30.07%(图2)。



A为MDA摩尔质量,B为根活力;图中小写字母不同表示组间数据比较,差异具有统计学意义($p < 0.05$)。

图2 不同发病等级隐性感染烟苗根活力与MDA摩尔质量

2.2 不同处理对隐性感染烟苗农艺性状的影响

由试验结果可知,对不同发病等级根长进行比较,不同处理对1级、3级烟苗根长影响更明显,而2级、4级烟苗影响不明显。同一发病等级,不同处理间根长进行比较,1级烟苗中,T12处理明显长于其他处理,差异具有统计学意义,较CK1提升了76.36%;2级烟苗中,T9和T15处理效果优于其他处理,较CK1分别提升了33.33%和32.74%,T12处理次之,较CK1提升了32.14%;3级烟苗中,T12处理明显高于其他处理,差异具有统计学意义,较CK1提升了65.28%;4级烟苗中,T15和T10处理对根长有一定的促进作用,较CK1提升了13.92%和10.13%。与CK2比较,1级烟苗中,T4、T5、T11和T12处理烟苗根长达CK2(0级烟苗)水平以上,其他处理则低于CK2;其中,T12处理1级、2级、3级和4级烟苗的根长分别为CK2的118.53%,90.43%,96.95%和66.80%(表2)。

对不同发病等级侧根数进行比较,不同处理对1级、2级、3级烟苗侧根数影响更明显,而

4级烟苗影响不明显. 不同处理中, T12对侧根数有明显的提升作用, 1级、2级、3级和4级烟苗较CK1分别提升了57.94%, 77.18%, 107.08%, 21.55%, 和CK2(0级烟苗)比较, 分别为CK2的108.45%, 92.96%, 82.39%和49.65%(表2).

表2 不同处理对隐性感染烟苗根长和侧根数的影响

处理	根长/cm				侧根数			
	1级	2级	3级	4级	1级	2级	3级	4级
T1	4.26±0.22bcde	4.04±0.46a	3.82±0.20bcd	3.16±0.96a	36.40±1.60de	32.00±1.79ef	27.40±1.96de	23.00±2.66a
T2	3.74±0.24de	3.46±0.14a	3.30±0.25cde	3.14±0.43a	33.00±4.72e	34.80±1.59def	31.20±1.56cde	21.60±6.05a
T3	4.00±0.15cde	3.68±0.66a	3.56±0.06cd	3.28±0.56a	33.40±3.57e	37.00±3.62cde	33.20±3.99bcd	24.40±3.70a
T4	5.34±1.06ab	3.54±0.61a	4.20±0.76abc	3.10±0.98a	26.60±5.71e	35.00±5.02def	26.80±4.97de	20.00±7.50a
T5	5.00±0.27abc	3.56±0.46a	2.56±0.27e	2.88±0.21a	27.80±4.03e	27.60±1.44f	22.40±3.67e	19.60±1.50a
T6	4.16±0.27cde	3.36±0.30a	3.76±0.41bcd	2.78±0.44a	33.00±3.42e	33.00±2.86ef	33.40±4.09bcd	25.00±2.30a
T7	3.48±0.24de	3.60±0.25a	3.08±0.40de	3.16±0.31a	30.40±5.59e	31.60±1.60ef	29.80±2.13cde	22.60±5.45a
T8	3.50±0.34de	3.34±0.45a	3.36±0.28cde	2.96±0.24a	29.40±3.88e	33.40±2.06ef	30.40±2.50cde	25.40±1.54a
T9	4.30±0.29bcde	4.48±0.36a	3.58±0.29cd	2.98±0.22a	35.80±3.62de	42.40±1.81bcd	33.60±4.60bcd	26.40±3.23a
T10	4.04±0.19cde	3.30±0.39a	3.82±0.17bcd	3.48±0.53a	52.40±3.31ab	44.80±0.58abc	37.80±0.80abc	24.80±4.97a
T11	5.16±0.22abc	4.12±0.17a	4.56±0.13ab	3.16±0.43a	51.20±3.73abc	46.40±1.50ab	41.20±1.83ab	26.80±3.65a
T12	5.82±0.18a	4.44±0.31a	4.76±0.19a	3.28±0.51a	61.60±8.04a	52.80±3.87a	46.80±2.96a	28.20±5.49a
T13	3.66±0.22de	3.20±0.33a	3.22±0.17cde	2.72±0.58a	38.20±2.29de	36.80±2.48cde	31.80±2.69bcde	26.40±7.68a
T14	4.04±0.25cde	4.12±0.14a	3.56±0.16cd	2.82±0.41a	39.60±4.03cde	46.80±2.75ab	38.80±1.77abc	25.40±1.63a
T15	4.52±0.24bcd	4.46±0.32a	3.44±0.15cde	3.60±0.46a	48.40±1.33bcd	48.40±4.14ab	41.20±2.22ab	25.00±1.05a
CK1	3.30±0.28e	3.36±0.48a	2.88±0.11de	3.16±0.98a	39.00±2.63cd	29.80±2.08ef	22.60±2.64e	23.20±1.93a
CK2	4.91±0.30	4.91±0.30	4.91±0.30	4.91±0.30	56.80±1.96	56.80±1.96	56.80±1.96	56.80±1.96

注: 小写字母不同表示组间数据比较, 差异具有统计学意义($p < 0.05$).

对不同发病等级烟苗最大叶面积进行比较, 不同处理对1级、2级和3级烟苗最大叶面积影响更明显, 而4级烟苗影响不明显. 同一发病等级, 不同处理最大叶面积比较, 1级烟苗中, T9处理最大叶面积最高, 较CK1提升了47.50%, T12处理较CK1提升了17.18%; 2级烟苗中, T10处理最大叶面积最高, 较CK1提升了58.74%, T12处理次之, 较CK1提升了54.67%; 3级烟苗中, T15处理最大叶面积最高, 较CK1提升了101.13%; 4级烟苗中, T12处理最大叶面积最高, 较CK1提升了21.75%(表3).

对不同发病等级烟苗叶绿素含量进行比较, 不同处理对1级、2级、3级和4级烟苗的叶绿素含量影响均很明显. 同一发病等级烟苗, 不同处理叶绿素含量比较, 1级烟苗, T11处理叶绿素最高, 较CK1提升了63.72%, T12处理次之, 较CK1提升了55.67%; 2级烟苗中, T10、T11和T12处理烟苗叶绿素含量明显高于其他处理, 较CK1分别提升了25.58%, 28.44%和25.89%; 3级烟苗中, T10、T11和T12处理烟苗叶绿素含量明显高于其他处理, 较CK1分别提升了25.22%, 24.78%和20.80%. 4级烟苗, T3和T10处理高于其他处理, 较CK1提升了25.05%和10.98%. 不同发病等级烟苗中, T11和T12处理烟苗叶绿素含量最高, 1级、2级、3级、4级烟苗分别为CK2(0级烟苗)的118.29%, 113.31%, 98.81%, 70.15%和112.47%, 110.07%, 95.66%, 79.40%. 综合来看, T11和T12处理烟苗农艺性状较好(表3).

表 3 不同处理对隐性感染烟苗最大叶面积和叶绿素含量的影响

处理	最大叶面积/cm ²				叶绿素含量/SPAD			
	1 级	2 级	3 级	4 级	1 级	2 级	3 级	4 级
T1	10.53±0.39b	13.00±0.50bcd	10.46±0.21bcdefg	9.44±1.91a	27.62±2.11abcd	24.90±0.46bcd	20.68±0.54d	23.44±2.01a
T2	13.06±1.02ab	13.36±1.01bcd	10.76±0.83bcdef	10.58±1.55a	27.98±1.63abcd	28.94±2.14ab	25.44±2.31abc	18.82±1.13b
T3	12.83±0.79ab	13.62±0.59bc	10.98±0.54bcdef	10.06±1.74a	26.78±3.16bcde	28.46±1.62abc	24.92±1.17abcd	26.66±1.93a
T4	12.03±2.19ab	12.19±2.80bcd	9.49±2.21cdefgh	6.80±1.50a	21.46±2.39def	23.82±1.79cde	21.00±1.67cd	18.08±2.91b
T5	11.01±1.04b	10.31±1.18de	7.60±0.92fgh	7.73±1.23a	16.36±1.11f	19.18±1.86e	24.24±1.51abcd	17.82±1.71b
T6	12.42±0.48ab	9.50±1.25e	8.39±0.85defgh	7.69±0.56a	26.24±2.60bcde	23.66±1.32cde	25.24±0.81abc	21.80±1.87ab
T7	12.02±1.00ab	11.12±0.72de	8.19±0.62efgh	6.91±0.69a	23.28±0.67cde	23.16±0.88de	24.38±0.78abcd	20.24±1.17ab
T8	12.49±1.10ab	9.65±1.12de	6.82±0.61h	6.29±1.43a	24.78±2.38cde	23.50±1.52cde	25.96±1.91ab	20.60±2.03ab
T9	15.37±1.28a	10.65±0.90de	9.45±0.47cdefgh	7.53±0.99a	28.78±1.55abc	26.18±1.13bcd	26.24±1.04ab	19.80±2.62b
T10	12.21±0.44ab	15.62±0.77a	13.80±0.56ab	10.22±1.69a	29.08±2.73abc	31.62±1.64a	28.30±1.07a	23.66±1.51a
T11	12.54±0.62ab	15.06±0.68ab	12.14±0.59abc	10.34±2.14a	33.76±1.60a	32.34±0.74a	28.20±0.58a	20.02±2.30ab
T12	12.21±1.11ab	15.22±1.12ab	11.82±0.95bcd	10.86±1.49a	32.10±3.48ab	31.70±1.80a	27.30±1.52a	22.66±3.42a
T13	12.51±1.31ab	13.44±0.56bcd	10.72±0.39bcdef	9.36±2.03a	28.00±0.62abcd	28.88±1.50ab	25.34±1.55abc	18.10±3.61b
T14	13.75±0.90ab	12.24±1.26bcd	11.48±2.04bcde	8.01±0.87a	25.24±0.96cde	24.58±1.50bcd	22.50±0.60cde	22.34±1.53ab
T15	14.16±2.06ab	10.88±1.89de	14.18±1.46a	7.13±0.94a	24.76±1.83cde	24.74±1.10bcd	24.74±0.68abcd	22.08±1.52ab
CK1	10.42±0.44b	9.84±0.71de	7.05±1.44gh	8.92±0.61a	20.62±1.08ef	25.18±2.24bcd	22.60±2.31bcd	21.32±1.70ab
CK2	15.97±2.71	15.97±2.71	15.97±2.71	15.97±2.71	28.54±1.74	28.54±1.74	28.54±1.74	28.54±1.74

注：小写字母不同表示组间数据比较，差异具有统计学意义($p<0.05$)。

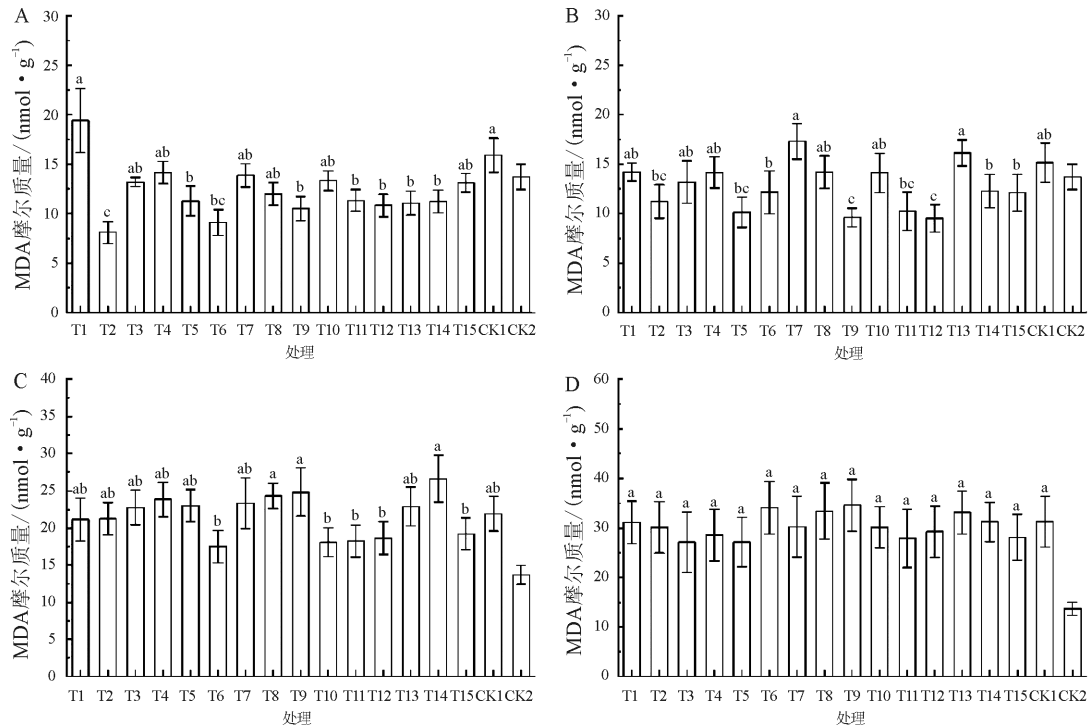
2.3 不同处理对隐性感染烟苗根系 MDA 摩尔质量的影响

不同发病等级烟苗 MDA 摩尔质量比较，不同处理对 1 级、2 级和 3 级烟苗 MDA 摩尔质量有明显影响，而 4 级烟苗影响不明显。同一发病等级，不同处理 MDA 摩尔质量比较，1 级烟苗中，除 T1 处理外，其他处理 MDA 摩尔质量均低于 CK1，MDA 摩尔质量最低的为 T2 和 T6 处理，较 CK1 组降低了 49.03%和 42.87%；此外，T5，T9，T11，T12，T13 和 T14 处理 MDA 摩尔质量也明显低于 CK1，分别降低了 29.16%，33.94%，28.79%，31.93%，30.36%和 29.35%。T2，T6，T9，T11，T12，T13 和 T14 等处理可以使 1 级烟苗 MDA 摩尔质量降至 CK2(0 级烟苗)水平以下(图 3)。

2 级烟苗中，除 T7 和 T13 处理外，其他处理 MDA 摩尔质量均低于 CK1，MDA 摩尔质量最低的为 T9 和 T12 处理，较 CK1 组分别降低了 36.54%和 37.20%，此外 T2，T5 和 T11 处理 MDA 摩尔质量较低，较 CK1 组分别降低了 25.92%，33.11%和 32.45%；T2，T5，T9，T11 和 T12 等处理可以使 2 级烟苗 MDA 摩尔质量降至 CK2(0 级烟苗)水平以下(图 3)。

3 级烟苗中，T1，T2，T6，T10，T11，T12 和 T15 处理 MDA 摩尔质量低于 CK1，其他处理 MDA 摩尔质量均高于 CK1；T6，T10，T11，T12 和 T15 处理 MDA 摩尔质量较 CK1 组分别降低了 20.25%，17.66%，16.90%，14.96%和 12.40%；所有处理 MDA 摩尔质量均高于 CK2，植物生长调节剂处理无法使 3 级烟苗 MDA 摩尔质量降至 CK2(0 级烟苗)水平(图 3)。

4 级烟苗中，T1，T2，T3，T4，T5，T7，T10，T11，T12 和 T15 处理 MDA 摩尔质量低于 CK1，较 CK1 组分别降低了 0.32%，3.51%，13.12%，8.64%，13.12%，3.10%，3.52%，10.68%，6.40%和 9.92%，但所有处理均高于 CK2，植物生长调节剂处理无法使 4 级烟苗 MDA 摩尔质量降至 CK2(0 级烟苗)水平(图 3)。



A为1级烟苗, B为2级烟苗, C为3级烟苗, D为4级烟苗; 图中小写字母不同表示组间数据比较, 差异具有统计学意义($p < 0.05$)。

图3 不同处理对隐性感染烟苗MDA摩尔质量的影响

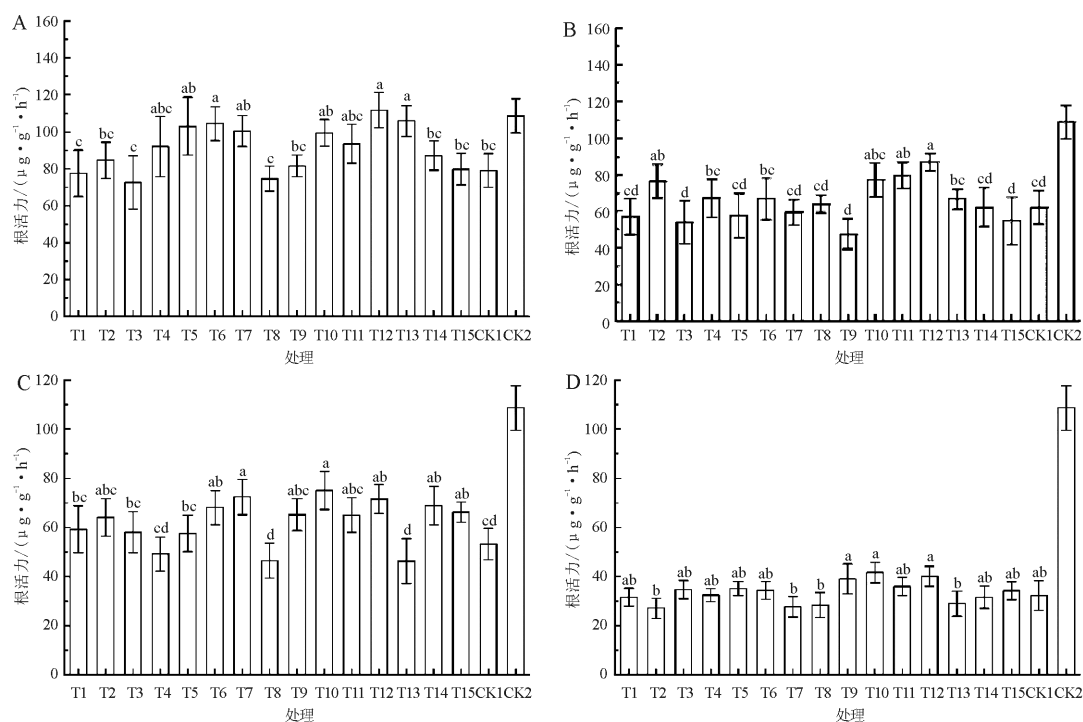
2.4 不同处理对隐性感染烟苗根活力的影响

不同发病等级烟苗根活力比较, 不同处理对1级、2级、3级和4级烟苗烟苗根活力有明显影响。1级烟苗中, 除T1, T3和T8处理外, 其他处理均提升了1级烟苗的根活力, 其中, T6, T12和T13处理较CK1分别提升了32.07%, 41.29%和33.84%。T12处理提升1级烟苗根活力至CK2(0级烟苗)水平的102.91%, T6和T13处理烟苗根活力至CK2处理的96.19%和97.48%(图4)。

2级烟苗中, 除T1, T3, T5, T7, T9和T15处理外, 其他处理均提升了2级烟苗的根活力, 其中, T2, T11, T12和T13处理明显提升了烟苗根活力, 较CK1分别提升了16.42%, 17.45%, 28.47%和28.47%。T12处理可以提升2级烟苗根活力至CK2(0级烟苗)水平的79.92%, T10和T11处理2级烟苗根活力为CK2(0级烟苗)的71.09%和73.20%(图4)。

3级烟苗中, 除T4, T8和T13处理外, 其他处理均提升了3级烟苗的根活力, 其中, T6, T7, T10, T12, T14和T15处理明显提升了烟苗根活力, 较CK1分别提升了28.00%, 36.09%, 46.17%, 34.59%, 29.51%和24.44%; 所有处理烟苗根活力均低于CK2, T7和T10处理的根活力最高, 但仅为CK2(0级烟苗)的66.59%和69.06%, T12处理根活力仅为CK2(0级烟苗)的65.85%, 各处理3级烟苗平均根活力仅为CK2(0级烟苗)的56.72%(图4)。

4级烟苗中, T3, T4, T5, T6, T9, T10, T11, T12和T15处理对4级烟苗根活力有一定的提升作用, 其中T9, T10, T12处理根活力高于其他处理, 较CK1分别提升了21.43%、29.19%和24.53%, 但仅为CK2(0级烟苗)的35.96%, 38.26%和36.88%。各处理4级烟苗平均根活力仅为CK2(0级烟苗)的30.75%。综合来看T10和T12处理对隐性感染烟苗根活力提升效果最好(图4)。



A 为 1 级烟苗, B 为 2 级烟苗, C 为 3 级烟苗, D 为 4 级烟苗; 图中小写字母不同表示组间数据比较, 差异具有统计学意义 ($p < 0.05$).

图 4 不同处理对隐性感染烟苗根活力的影响

3 讨论与结论

烟草农艺性状可以反映出其生长状态和抗病能力^[12], 常作为评价植物生长调节剂应用效果的重要指标之一^[13-14]. 本研究发现, 隐性感染烟苗的根长、侧根数等农艺性状受到了明显的抑制. 单剂对隐性感染烟苗农艺性状的提升效果较差, 复配 T12(次氯酸钠 2 000 倍液+阿泰灵 500 倍液)处理对隐性感染各级烟苗农艺性状均有提升作用, 复配 T10(次氯酸钠 2 000 倍液+安必神 500 倍液)和 T11(次氯酸钠 2 000 倍液+生根液 500 倍液)处理次之. 复配 T12 处理较于 CK1(清水对照), 提升了各级烟苗的根长、侧根数、最大叶面积和叶绿素含量, 1 级烟苗处理后, 各指标可达 CK2(0 级烟苗)的 118.53%, 108.45%, 76.45%和 112.47%, 2 级烟苗处理后可达 CK2 的 90.43%, 92.96%, 95.30%和 110.07%, 3 级烟苗处理后可达 CK2 的 96.95%, 82.39%, 74.01%和 95.66%, 4 级烟苗处理后可达 CK2 的 66.80%, 49.65%, 68.00%和 79.40%. 阿泰灵和次氯酸钠复配施药后可以快速提升隐性感染 1 级、2 级和 3 级烟苗的农艺性状, 对 4 级烟苗农艺性状提升效果较差. 鲁黎明等^[15]的研究同样认为低浓度次氯酸可以提升烟苗的农艺性状. 阿泰灵有效成分为氨基寡糖素和极细链格孢激活蛋白, 具有杀菌和促生的效果, 可以促进根系的分支和伸展, 能有效提升烟苗的农艺性状^[16-17]. 此外, 安必神的主要有效成分为氨基酸水溶肥料^[18], 生根液的主要有效成分为海藻寡糖多肽聚合氨基酸^[19], 均对作物的生长和农艺性状有促进作用.

MDA 摩尔质量是衡量植物氧化损伤程度的指标, 其摩尔质量增加表明植物受到了氧化损伤^[20]. 本研究发现, 烟苗隐性感染后, 根系 MDA 摩尔质量增高, 部分处理可以一定程度上降低 MDA 摩尔质量, 从而降低氧化损伤^[21]. 单剂中, T6(阿泰灵 500 倍液)处理可以极大程度地降低 MDA 摩尔质量. 复配 T12(次氯酸钠 2 000 倍液+阿泰灵 500 倍液)和 T11(次氯酸钠 2 000

倍液+生根液 500 倍液)处理对隐性感染各级烟苗的 MDA 摩尔质量的降低效果较好,与 CK1(清水对照)比较,1 级、2 级、3 级烟苗 MDA 摩尔质量分别降低了 31.93%,37.20%,14.96%和 28.79%,32.45%,16.90%,并且可以使 1 级和 2 级烟苗降至 CK2(0 级烟苗)水平以下,和陈文晋等^[22]的研究结果一致,其认为氨基寡糖素可以调节植物的抗氧化系统,减少氧化应激对烟苗根系的损害。同时,张志刚等^[23]的研究结果表明,极细链格孢蛋白可以诱导激发植物抗逆和抗病系统,从而降低烟苗根系 MDA 摩尔质量,本试验结论得到了其研究结果支持。

根活力是衡量植物受到逆境胁迫后根系对环境的适应能力的指标,活性增加表明植物根系对逆境的适应能力提高,抗病抗逆性增强^[24-25]。本研究发现,隐性感染极大程度地降低了烟苗的根活力,可使 2 级、3 级和 4 级烟苗平均根活力降至 0 级烟苗的 76.23%,41.72%和 30.07%,对烟苗根系的损伤很高。植物生长调节剂不同程度地提升了烟苗的根活力,单剂中以 T6(阿泰灵 500 倍液)处理表现最佳。复配 T12(次氯酸钠 2 000 倍液+阿泰灵 500 倍液)和 T13(次氯酸钠 4 000 液+安必神 500 倍液)处理对 1 级烟苗和 2 级烟苗的提升效果较好,T12 和 T10(次氯酸钠 2 000 倍液+安必神 500 倍液)处理对 3 级和 4 级烟苗根活力提升效果较好。其中复配 T12 处理,隐性感染 1 级、2 级、3 级和 4 级烟苗根活力较 CK1(清水对照)增加了 41.29%,28.47%,34.59%和 24.53%,可提升至 CK2(0 级烟苗)的 102.91%,79.92%,65.85%和 36.88%。阿泰灵辅以次氯酸钠施药后可以快速提升隐性感染烟苗的根活力,可提升 1 级烟苗至 0 级烟苗水平,对 2 级、3 级和 4 级烟苗农艺性状提升效果较差。低浓度次氯酸钠处理通过增加烟苗的根部吸水能力,增加了烟苗根活力^[26]。另外,阿泰灵主要成分极细链格孢激活蛋白作为一类植物内源激素,可以激活植物的防御反应,进而提升其根活力^[27]。

次氯酸钠 2 000 倍液和阿泰灵 500 倍液 1:1 复配穴盘注射灌根,可以明显提升隐性感染烟苗的农艺性状和根活力,并降低 MDA 摩尔质量。综合各项指标分析,生产中应抓住 1 级烟苗防治,根据当年烟苗供应情况酌情防治 2 级烟苗,3 级和 4 级烟苗防治成本高,提升效果有限,且移栽大田后高发根茎类病害,不建议进行投入防治。

参考文献:

- [1] 聂欣. 基于蚯蚓堆肥的蔬菜、水稻、烟草育苗基质开发及其持水性研究[D]. 南京:南京农业大学,2017.
- [2] 时向东,孙军伟,谢晓波,等. 烟草漂浮育苗基质研究进展[J]. 中国烟草科学,2008,29(5): 64-68.
- [3] 张慢慢,邵惠芳,许自成,等. 烤烟产量与气候因子的关系分析[J]. 河南农业科学,2016,45(7): 34-38.
- [4] 常栋,孟颢光,周博,等. 药剂灌根防治隐性感染烟苗根腐病田间效果[J]. 中国植保导刊,2021,41(7): 88-91.
- [5] SZABADOS L, SAVOURE A. Proline: A Multifunctional Amino Acid[J]. Trends in Plant Science, 2010, 15(2): 89-97.
- [6] 王志勇,邵岩,周清明. 追施氨基酸水溶性肥料对烟株生长发育及烟草花叶病发生的影响[J]. 作物研究,2012,26(4): 359-362.
- [7] 张强,常瑞雪,胡兆平,等. 生物刺激素及其在功能水溶性肥料中应用前景分析[J]. 农业资源与环境学报,2018,35(2): 111-118.
- [8] 赵小明,杜昱光,白雪芳. 氨基寡糖素诱导作物抗病毒病药效试验[J]. 中国农学通报,2004,20(4): 245-247.
- [9] 张志刚,邱德文,杨秀芬,等. 极细链格孢蛋白激发子诱导棉花抗病性及相关酶的变化[J]. 中国生物防治,2007,23(3): 292-294.
- [10] 李宏光,易图永,肖艳松,等. 7%井冈霉素·极细链格孢激活蛋白可湿性粉剂对烟草病毒病的防效研究[J]. 现代农业科技,2014(24): 126,131.

- [11] 刘勇. 漂浮育苗池中烟草花叶病毒消毒剂的筛选[J]. 河南农业大学学报, 2008, 42(1): 40-45.
- [12] CHAPLIN J F. Associations among Disease Resistance, Agronomic Characteristics, and Chemical Constituents in Flue-Cured Tobacco[J]. Agronomy Journal, 1970, 62(1): 87-91.
- [13] 俞芳菲, 冯长春, 王勇, 等. 申嗒霉素对烟草黑胫病的毒力及防治效果[J]. 中国烟草科学, 2019, 40(5): 30-35.
- [14] 陈长卿, 褚逸轩, 谢昭, 等. 生物杀菌剂对烟草镰刀菌根腐病的防治效果及农艺性状的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2019, 47(6): 41-46.
- [15] 鲁黎明, 安影. 次氯酸钠对烟草无菌苗生理指标的影响[J]. 作物杂志, 2012(3): 141-143.
- [16] 郭梅燕, 刘保友, 李洋, 等. 新型植物免疫诱抗剂 ZNC 对烟草的促生抗病效果[J]. 生物技术通报, 2021, 37(1): 182-188.
- [17] 杨森, 李向阳, 王莉, 等. 不同杀菌剂防治对马铃薯主要营养成分的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(6): 1880-1888.
- [18] 向德明, 张明发, 彭曙光, 等. 不同氨基酸有机肥对烤烟生长发育及产质量的影响[J]. 农学学报, 2018, 8(12): 40-46.
- [19] 余劲聪, 何舒雅, 林克明, 等. 我国海藻寡糖领域发展态势分析[J]. 中国农业科技导报, 2016, 18(6): 164-174.
- [20] 袁圣武, 黄超, 季晓亚, 等. 环境污染物导致氧化应激的关键信号通路及其检测方法[J]. 生态毒理学报, 2017, 12(1): 25-37.
- [21] ZHOU R, KONG L P, YU X Q, et al. Oxidative Damage and Antioxidant Mechanism in Tomatoes Responding to Drought and Heat Stress[J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2019, 41(2): 20.
- [22] 陈文晋, 赵存虎, 贺小勇, 等. 氨基寡糖素对绿豆叶片防御酶活性和产量的影响[J]. 北方农业学报, 2022, 50(3): 17-26.
- [23] 张志刚, 杨晓萍, 卢翰, 等. 细极链格孢菌蛋白激发子对棉花生长相关酶活性的影响[J]. 棉花学报, 2010, 22(2): 120-124.
- [24] MA H Z, LIU C, LI Z X, et al. ZmbZIP4 Contributes to Stress Resistance in Maize by Regulating ABA Synthesis and Root Development[J]. Plant Physiology, 2018, 178(2): 753-770.
- [25] 许跃奇, 王颢杰, 常栋, 等. 烤烟不同育苗方式对烟草苗期抗病抗逆性的影响[J]. 植物医学, 2023, 2(4): 28-38.
- [26] 曾伟航, 程碧真, 彭燕, 等. 甘露糖浸种对干旱胁迫下白三叶种子萌发及抗旱性的影响[J]. 草业学报, 2019, 28(7): 112-122.
- [27] 张志刚, 邱德文, 杨秀芬, 等. 极细链格孢蛋白激发子诱导棉花抗病性及相关酶的变化[J]. 中国生物防治, 2007, 23(3): 292-294.

责任编辑 苏荣艳