

烟草胞质雄性不育系与保持系内源植物激素水平差异性研究

陈建国¹, 王建波^{2*}, 胡如忠¹, 陈钊德¹, 杨振智¹, 丁丁¹, 郭大芳¹, 谢晋云¹, 安开宇¹, 朱列书³, 彭妙⁴

(1. 毕节市烟草公司金沙县分公司, 贵州毕节 551800; 2. 贵州省烟草公司质检站, 贵州贵阳 550081; 3. 湖南农业大学农学院, 湖南长沙 410128; 4. 湖南农业大学生物科技学院, 湖南长沙 410128)

摘要 [目的]研究烟草包质雄性不育系与其保持系生长期内源植物激素含量的变化规律和激素水平差异。[方法]选取 K326、K394 和云烟 87 共 3 组不育系与保持系为研究材料, 取苗期、团棵期、旺长后 10 d、现蕾期(叶和花蕾)、中心花开放期(叶和花蕾)的功能叶片和花蕾, 采用高效液相色谱法测定其各时期生长素(IAA)、赤霉素(GA)、脱落酸(ABA)、N6-异戊烯腺嘌呤(iPAs)和反玉米素核苷(ZRs)5 种植物内源激素含量。[结果]保持系与不育系的 IAA 含量比值各时期叶片中均大于 1, 而花蕾小于 1。保持系与不育系的 ABA 含量比值各时期叶片和花蕾中均大于 1。保持系与不育系的 iPAs 含量比值各时期叶片中均小于 1, 花蕾中大于 1。现蕾期保持系和不育系的 ZRs + GA 比值小于 1, 其他各时期规律不明显。[结论]该研究为更好地应用烟草的雄性不育现象提供理论依据。

关键词 烟草; 雄性不育系; 保持系; 内源激素
中图分类号 S572 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)09-0054-04

Differences of Endogenous Plant Hormone Level in Tobacco between Cytoplasmic Male Sterile Line and Maintainer Line
CHEN Jian-guo¹, WANG Jian-bo², HU Ru-zhong¹ et al (1. Jinsha County Branch of Bijie Tobacco Company, Bijie, Guizhou 551800; 2. Quality Inspection Station of Guizhou Tobacco Company, Guiyang, Guizhou 550081)

Abstract [Objective] To study the difference of hormone level and change rule and the difference of endogenous phytohormones in tobacco male sterile line and its maintainer line at growth stage. [Method] We selected three treatments of male sterile lines and maintainer lines (K326, K394 and Yunyan 87) as the research materials, and adopted functional leaves and buds of seven different growth stages (seedling stage, rosette stage, prosperous growth for 10 d, squaring stage and central flower opening stage). Five endogenous hormone contents (IAA, GA, ABA, iPAs, ZRs) of sample from seven different growth stages were determined by high-performance liquid chromatogram. [Result] IAA content ratio of maintainer line to male sterile line was more than 1 in leaves in different growth stages, but those in buds were smaller than 1. ABA content ratio of maintainer line to male sterile line was more than 1 in different growth stages. iPAs content ratio of maintainer line to male sterile line in leaves was smaller than 1 in different growth stages, but those in bud greater than 1. ZRs + GA content ratio of maintainer line to male sterile line in squaring stage was less than 1. The laws of other periods were not obvious. [Conclusion] This research provided theoretical basis for the application of male sterility of tobacco.

Key words Tobacco; Male sterile line; Maintainer line; Endogenous hormone

植物的雄性不育现象通常是指产生的花粉没有正常的生活力, 雄性不育的表现形式有多种, 如雄蕊的畸形或缺失, 花药无法正常开裂, 无法形成花粉等。一般烟草雄性不育的表现形式为雄蕊的缺失。烟草雄性不育多为细胞质雄性不育类型。烟草从形成雄蕊原基到形成成熟具有生活力的花粉, 在此过程中要经历一系列的生理生化与形态特征等各个方面的变化。对于植物来说这是一个复杂的过程, 在此过程中出现任何影响, 不管是内因或外因, 植株都不能形成正常的花粉, 从而导致雄性不育。植物雄性不育性状是植物杂种优势利用的重要工具, 具有巨大的生产利用价值。烟草的胞质不育现象在烟草的育种应用方面有着重要的意义。

烟草雄性胞质雄性不育系的形成过程, 包括一系列的物质和能量代谢, 涉及各种复杂的生理生化反应, 对烟草胞质雄性不育系及其相应保持系的生化指标进行比较研究, 有助于了解烟草胞质雄性不育系发生机制和有关代谢过程。物质代谢是植物生命活动的基础, 植株间的生理生化差异, 必然反映在物质代谢的差异上, 而植物对物质和能量的代谢和生长发育均要通过体内的内源激素的调节来实现。鉴于此, 笔者研究了烟草包质雄性不育系与其保持系生长期内源植

物激素含量的变化规律和激素水平差异, 为更好地应用烟草的雄性不育现象提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 以烟草雄性不育系及其保持系为供试材料, 共设 3 个处理, 即 MSK326 与 K326(处理①)、MSK394 与 K394(处理②)、MS 云烟 87 与云烟 87(处理③)。

1.2 试验方法 采用大田试验, 前茬作物为水稻, 土壤肥力均匀, 地势平坦, 有较好的灌溉条件。采用漂浮育苗的方式。株行距 50 cm × 120 cm 种植。试验设 3 次重复, 四周设保护行。基肥中氮肥全部为硝基磷酸铵, 磷肥为普钙, 钾肥为硫酸钾, 硝酸钾用于追肥, 基肥: 追肥 = 60: 40, 追肥分 2 次施用, 其他田间管理同当地优质烟叶开发生产技术规范。分别在苗期、团棵期与旺长后 10 d、现蕾期和中心花开放期取样, 每个小区选取 5 株有代表性的高频样品, 苗期取整株幼苗的地上部分, 团棵期与旺长后 10 d 用直径为 1.5 cm 的打孔器取烟株所有功能叶片(需烟样 20.0 g), 现蕾期和中心花开放期取花蕾和所有功能叶片。用超纯水洗净, 滤纸吸干, 立即放入 -80 ℃ 冰箱保存待测。

1.3 内源激素的提取、纯化、测定 样品的提取、纯化和检测参考王若仲等^[1]的方法进行。称取 20.0 g 新鲜烟样, 迅速放入液氮处理 2~3 min, 遮光条件下将样品进行真空冷冻干燥。称取冻干样品 0.50 g 左右(精确至 0.000 1 g), 样品中加入预冷的提取液甲醇: 水: 乙酸(V: V: V = 15: 4: 1) 8 mL, 摇

基金项目 湖南省烟草专卖局重点项目(08-12Aa04)。
作者简介 陈建国(1988—), 男, 湖南常德人, 助理农艺师, 硕士, 从事烟草栽培工作。* 通讯作者, 硕士, 从事烟草栽培生理研究。
收稿日期 2017-08-11

匀, -20 ℃ 避光浸提。将过夜浸提的样品 4 ℃ 低温离心 20 min, 取上清液。残渣中加入 5 mL 预冷的提取液再次提取, 振荡离心 20 min, 2 次重复, 合并上清液, 再进行真空冷冻离心, 去甲醇, 待溶液浓缩至 3 mL, 加入醋酸铵 8 mL 进行复溶, 4 ℃ 高速离心, 取上清液。上清液过 SEP - C₁₈ 小柱, 过柱前, 小柱先用 5 mL 甲醇活化, 然后用 5 mL 1 mol/L 乙酸平衡固相萃取柱, 平衡后上样, 收集样品中内源激素, 先后以 6 mL 50% 甲醇、5 mL 0.35 mol/L NH₄OH 的 60% 甲醇洗脱, 合并洗脱液, 真空冷冻离心浓缩至干。最后样品用 500 μL 的 80% 甲醇复溶后高速离心待测。

测定色谱条件如下: 流动相为 A (泵) 0.27% 三乙胺溶液, pH = 3.0, B (泵) 乙腈。流速为 1 mL/min, 柱温为 35 ℃, 波长 254 nm。用 Zorbax SB - C₁₈ (4.6 mm × 150 mm, 5 μm) 色谱柱按表 1 梯度洗脱。5 种激素按照 ZRs (反玉米素核

苷)、GA (赤霉素)、iPAs (N6 - 异戊烯腺嘌呤)、IAA (吲哚乙酸) 及 ABA (脱落酸) 的顺序出峰, 设定高效液相色谱仪 (Agilent 1290, 美国) 测定波长为 254 nm, 采用紫外可见检测器进行检测。

1.4 数据处理 采用 Excel 软件进行测定值和平均值的计算。

2 结果与讨论

2.1 不同时期烟草雄性不育系与其保持系内源激素含量变化 由表 2 可知, 苗期 IAA 的含量明显低于其他时期。保持系 K326 叶片中 IAA 的含量从苗期到中心花开放期逐渐升高, 而 K394 与云烟 87 则逐渐下降。各不育系材料叶片中的 IAA 含量变化不大。K326 叶片从苗期到中心花开放期的 ABA 含量有较明显的上升趋势, 但其他处理没有明显的上升或下降的趋势。各处理在现蕾期和中心花开放期的叶片和花蕾中的 ABA 含量差别较大, 花蕾中的 ABA 含量明显高于叶片。各不育系材料叶片中 ZRs 含量总体表现为先上升后下降的趋势, 现蕾期叶片中 ZRs 含量最高。不育系与保持系苗期与团棵期 ZRs 含量均较低。花蕾中的 ZRs 含量也较低, 不育系和保持系同一时期的叶与花蕾中, 叶片的 ZRs 要明显高于花蕾。各处理不同生育期 iPAs 与 GA 含量无明显的规律性变化。

表 1 梯度洗脱程序
Table 1 Gradient elution program

时间 Time//min	A %	B %
0	95	5
10	85	15
30	70	30
35	95	5
40	95	5

表 2 烟草雄性不育系与保持系各时期内源激素含量差异的比较
Table 2 Comparison of the endogenous hormone contents in tobacco male sterile lines and maintainer lines at different growth periods μg/g

项目 Item	处理编号 Treatment code	材料 Material	苗期 Seedling stage	团棵期 Rosette stage	旺长 10 d Prosperous growth for 10 d	现蕾期 Squaring stage		中心花开放期 Central flower opening stage	
						叶 Leaf	蕾 Bud	叶 Leaf	蕾 Bud
IAA	①	MSK326	33.60	8 198.21	5 705.13	5 255.53	1 070.58	6 703.21	5 454.41
		K326	74.62	8 949.84	8 903.57	10 794.38	976.26	11 764.67	4 565.90
	②	MSK394	99.10	9 893.53	7 860.54	7 057.90	5 004.82	7 589.76	4 319.16
		K394	154.35	14 066.76	10 469.83	10 215.47	3 029.74	8 127.86	3 800.92
	③	MS 云烟 87	129.75	5 260.74	6 372.69	5 285.63	3 502.38	5 043.97	8 891.88
		云烟 87	136.22	13 321.20	8 143.03	7 950.52	1 163.61	7 538.65	6 847.07
ABA	①	MSK326	0.39	2.74	3.04	1.39	18.89	2.79	22.88
		K326	1.03	3.16	5.54	13.50	41.60	9.23	35.77
	②	MSK394	7.24	4.20	5.09	5.77	12.96	5.97	24.77
		K394	9.22	6.19	7.34	9.90	67.21	5.12	28.19
	③	MS 云烟 87	7.39	1.02	5.59	5.62	39.70	5.09	26.84
		云烟 87	10.32	2.53	8.06	8.91	104.71	9.89	39.51
ZRs	①	MSK326	20.31	92.22	335.67	759.06	12.50	417.43	46.68
		K326	35.26	53.28	463.78	196.52	8.28	760.87	12.39
	②	MSK394	15.04	16.86	380.84	659.04	40.90	475.21	43.23
		K394	18.46	20.47	478.23	476.64	29.66	543.23	23.52
	③	MS 云烟 87	41.88	97.16	247.61	248.42	121.42	189.43	15.09
		云烟 87	99.74	24.06	287.59	358.14	21.71	308.76	27.31
iPAs	①	MSK326	6.88	8.21	35.66	34.53	3.63	43.55	2.88
		K326	0.28	1.10	33.47	30.72	4.82	39.56	29.90
	②	MSK394	10.69	1.28	38.60	35.56	24.09	32.21	4.11
		K394	13.47	3.16	25.03	14.64	28.10	28.06	43.08
	③	MS 云烟 87	17.42	41.17	35.91	31.95	21.67	36.77	5.76
		云烟 87	1.97	14.82	40.72	33.86	25.66	36.89	9.50
GA	①	MSK326	2 213.02	17 815.66	13 647.91	12 462.04	3 864.19	14 369.24	33 986.79
		K326	2 341.54	13 047.64	23 793.38	33 986.79	3 898.84	22 378.42	42 462.04
	②	MSK394	2 018.57	16 253.47	16 603.73	16 083.18	4 274.51	16 982.07	16 996.23
		K394	2 628.36	21 569.78	20 991.54	26 996.23	3 221.26	16 741.62	16 083.18
	③	MS 云烟 87	3 849.13	1 780.33	5 403.44	6 671.93	9 262.40	7 015.46	6 671.93
		云烟 87	4 994.24	3 422.98	7 710.41	11 971.47	1 687.46	8 253.78	11 971.47

2.2 不同处理保持系与雄性不育系各时期 IAA 含量的比值比较 从表 3 可以看出,苗期到中心花开放期叶片中保持系 IAA 的含量与不育系的比值均大于 1,云烟 87 与 MS 云烟 87 在团棵期的 IAA 含量比达到 2.53。各时期保持系与不育系的 IAA 含量比值变化差异不大。而在现蕾期与中心花开放期的花蕾中,保持系与不育系的 IAA 含量比值与

其同一时期的叶片中 IAA 含量比值相反,保持系与不育系的 IAA 含量比值小于 1。其中,云烟 87 与 MS 云烟 87 中心花开放期的花蕾中的 IAA 含量比值只有 0.33。可以看出烟草保持系与其不育系从苗期到中心花开放期叶片中保持系的 IAA 含量高于不育系,而在花蕾中不育系的 IAA 含量高于保持系。

表 3 不同处理保持系与雄性不育系各时期 IAA 含量的比值比较
Table 3 Comparison of the ratio of IAA contents of maintainer line and male sterile line in different growth stages

处理编号 Treatment code	项目 Item	苗期 Seedling stage	团棵期 Rosette stage	旺长 10 d Prosperous growth for 10 d	现蕾期 Squaring stage		中心花开放期 Central flower opening stage	
					叶 Leaf	蕾 Bud	叶 Leaf	蕾 Bud
①	K326/MSK326	2.22	1.09	1.56	2.05	0.91	1.76	0.84
②	K394/MSK394	1.56	1.42	1.33	1.45	0.61	1.07	0.88
③	云烟 87/MS 云烟 87	1.05	2.53	1.28	1.5	0.33	1.49	0.77

2.3 不同处理保持系与雄性不育系各时期 ABA 含量的比值比较 从表 4 可以看出,除 K394 与 MSK394 中心花开放期叶片中 ABA 的值小于 1 外,其他材料保持系各时期部位的 ABA 含量与不育系的比值均大于 1。现蕾期的花蕾中各保持系的 ABA 含量均是不育系 ABA 含量的 2 倍以上,其中

K394 现蕾期花蕾中的 ABA 含量是 MSK394 的 5.18 倍。各处理进入中心花开放期后,保持系与不育系的 ABA 比值缩小。烟草保持系与不育系在生长过程中,叶片和花蕾中的 ABA 含量保持系均要高于不育系。

表 4 不同处理保持系与雄性不育系各时期 ABA 含量的比值比较
Table 4 Comparison of the ratio of ABA contents of maintainer line and male sterile line in different growth stages

处理编号 Treatment code	项目 Item	苗期 Seedling stage	团棵期 Rosette stage	旺长 10 d Prosperous growth for 10 d	现蕾期 Squaring stage		中心花开放期 Central flower opening stage	
					叶 Leaf	蕾 Bud	叶 Leaf	蕾 Bud
①	K326/MSK326	2.65	1.15	1.82	9.68	2.20	3.31	1.56
②	K394/MSK394	1.27	1.48	1.44	1.72	5.18	0.86	1.14
③	云烟 87/MS 云烟 87	1.40	2.48	1.44	1.59	2.64	1.94	1.47

2.4 不同处理保持系与雄性不育系各时期 iPAs 含量的比值比较 由表 5 可看出,不同处理现蕾期和中心花开放期的花蕾中保持系与不育系 iPAs 的含量比均大于 1,中心花开放

期的花蕾中 K326 与 MSK326、K394 与 MSK394 的 iPAs 含量比值均大于 10。除少数的几个时期外,不同处理叶片比值均小于 1。在现蕾期与中心花开放期,烟草花蕾中的 iPAs 含量

表 5 不同处理保持系与雄性不育系各时期 iPAs 含量的比值比较
Table 5 Comparison of the ratio of iPAs contents of maintainer line and male sterile line in different growth stages

处理编号 Treatment code	项目 Item	苗期 Seedling stage	团棵期 Rosette stage	旺长 10 d Prosperous growth for 10 d	现蕾期 Squaring stage		中心花开放期 Central flower opening stage	
					叶 Leaf	蕾 Bud	叶 Leaf	蕾 Bud
①	K326/MSK326	0.04	0.13	0.94	0.89	1.33	0.91	10.38
②	K394/MSK394	1.26	2.48	0.65	0.41	1.17	0.87	10.49
③	云烟 87/MS 云烟 87	0.11	0.36	1.13	1.06	1.18	1.00	1.65

不育系比保持系低。

2.5 不同处理保持系与雄性不育系各时期 ZRs 含量的比值比较 从表 6 可以看出,保持系与不育系在苗期、旺长 10 d、中心花开放期(叶)的 ZRs 比值均大于 1。保持系与不育系

在现蕾期花蕾中 ZRs 比值均小于 1。中心花开放期的花蕾除云烟 87 与 MS 云烟 87 的比值大于 1 外,其他 2 个处理的比值小于 1,因此可以看出在烟草花蕾中不育系的 ZRs 含量高于保持系。

表 6 不同处理保持系与雄性不育系各时期 ZRs 含量的比值比较
Table 6 Comparison of the ratio of ZRs contents of maintainer line and male sterile line in different growth stages

处理编号 Treatment code	项目 Item	苗期 Seedling stage	团棵期 Rosette stage	旺长 10 d Prosperous growth for 10 d	现蕾期 Squaring stage		中心花开放期 Central flower opening stage	
					叶 Leaf	蕾 Bud	叶 Leaf	蕾 Bud
①	K326/MSK326	1.74	0.58	1.38	0.26	0.66	1.82	0.27
②	K394/MSK394	1.23	1.21	1.26	0.72	0.73	1.14	0.54
③	云烟 87/MS 云烟 87	2.38	0.25	1.16	1.44	0.18	1.63	1.81

2.6 不同处理保持系与雄性不育系各时期 ZRs + iPAs 含量的比值比较 表 7 表明,从苗期到中心花开放期的叶片中,3 个处理保持系与雄性不育系各时期 ZRs + iPAs 含量的比值

多数时期大于 1,有时小于 1。在现蕾期的花蕾中,除云烟 87 与 MS 云烟 87 的比值大于 1 外,另外 2 个处理小于 1。在中心花开放时期的花蕾中,K326 与 MSK326 的比值小于 1,其

表 7 不同处理保持系与雄性不育系各时期 ZRs + iPAs 含量的比值比较
Table 7 Comparison of the ratio of ZRs + iPAs contents of maintainer line and male sterile line in different growth stages

处理编号 Treatment code	项目 Item	苗期 Seedling stage	团棵期 Rosette stage	旺长 10 d Prosperous growth for 10 d	现蕾期 Squaring stage		中心花开放期 Central flower opening stage	
					叶 Leaf	蕾 Bud	叶 Leaf	蕾 Bud
①	K326/MSK326	1.31	0.54	1.34	0.29	0.81	1.74	0.85
②	K394/MSK394	1.24	1.30	1.20	0.71	0.89	1.13	1.41
③	云烟 87/MS 云烟 87	0.95	2.41	0.90	2.47	1.09	0.65	1.65

他 2 个处理均大于 1。

2.7 不同处理保持系与雄性不育系各时期 GA 含量的比值比较 从表 8 可以看出,除 K326/MSK326 团棵期与 K394/MSK394 中心花开放期 GA 含量的比值小于 1 外,各处理其他时期保持系与不育系叶片中 GA 含量的比值均大于 1。K326 与 MSK326 现蕾期叶片中的 GA 比值最高,达 2.73。K326 与 MSK326 团棵期叶片中的 GA 比值最低,为 0.73。花

蕾中保持系与不育系 GA 含量的比值,K326 与 MSK326 的比值均大于 1,而 K394 与 MSK394 的比值均小于 1,云烟 87 与 MS 云烟 87 的比值现蕾期小于 1,而中心花开放期大于 1。3 个处理保持系与不育系在现蕾期花蕾中 GA 的比值,K326 与 MSK326 的比值为 1.01,其他 2 个处理小于 1。中心花开放期的花蕾中,K394 与 MSK394 的比值为 0.95,其他 2 个处理大于 1。

表 8 不同处理保持系与雄性不育系各时期 GA 含量的比值比较
Table 8 Comparison of the ratio of GA contents of maintainer line and male sterile line in different growth stages

处理编号 Treatment code	项目 Item	苗期 Seedling stage	团棵期 Rosette stage	旺长 10 d Prosperous growth for 10 d	现蕾期 Squaring stage		中心花开放期 Central flower opening stage	
					叶 Leaf	蕾 Bud	叶 Leaf	蕾 Bud
①	K326/MSK326	1.06	0.73	1.74	2.73	1.01	1.56	1.25
②	K394/MSK394	1.30	1.33	1.26	1.68	0.75	0.99	0.95
③	云烟 87/MS 云烟 87	1.30	1.92	1.43	1.79	0.18	1.18	1.79

3 结论与讨论

采用高效液相色谱法测定了 3 个处理烟草不育系与保持系材料 5 种内源植物激素的含量,结果表明内源植物激素在不育系与保持系中有较大差异。

(1)保持系与不育系的 IAA 含量比值在各时期叶片中均大于 1,而花蕾中小于 1。在所测的生长期中,保持系叶片中的 IAA 水平均高于不育系,花蕾和叶片中则相反,不育系花蕾中表现为 IAA 的积累。但一般在植株中 IAA 含量高的部位是营养物质输入的“库”。大量研究表明,许多雄性不育植物种类都是由于 IAA 的亏缺导致营养物质的输入不足,花药的发育不良,从而导致雄性不育。如 CMS 玉米^[2]、水稻^[3]、柑橘^[4]、榨菜^[5]、小麦^[6]等植物都有相同的研究结果,这些植物的不育系花药中的 IAA 水平明显低于可育植株。但也有些植物的研究结果相反,如番茄雄性不育突变体 *s12* 以及 GMS 和 CMS 油菜的不育系雄蕊中生长素的含量高于相应可育系^[7-8],这表明生长素的积累也与雄性不育的发生相关联,这可能与生长素诱导乙烯产生有关,而乙烯是公认的杀雄剂。但在烟草雄性不育系花蕾中,IAA 的积累和育性的表现是否与生长素诱导乙烯产生有关还要作进一步的研究。

(2)各生育期保持系和不育系的 ABA 含量比值在叶片和花蕾中均大于 1。不育系与保持系在现蕾期 ABA 含量差别最大,现蕾期过后有缩小的趋势。当植物受到环境胁迫

时,体内的 ABA 会急剧上升,ABA 的积累与抗逆性的增强存在显著正相关^[9]。烟草雄性不育系的 ABA 含量要明显低于保持系,而相应的烟草雄性不育系的抗逆性比保持系低。在生长发育的过程遇到复杂的环境,低水平的 ABA 可能导致不育系的抗逆性差,这可能是导致其雄性器官发育不良的原因之一。

(3)ZRs 与 iPAs 都属于细胞分裂素类。细胞分裂素的主要生理效应是促进细胞的分裂。不同作物种类雄性的育性与细胞分裂素含量的关系不一致。如番茄^[7]、榨菜^[10]雄性不育株中细胞分裂素含量低于可育株;而 CMS 玉米^[1]、辣椒^[11]以及 K、T 型 CMS 小麦^[6]的不育系花药组织或者花蕾与可育系相比,却表现为内源细胞分裂素类物质的积累。该试验测得数据显示,在烟草不育系与保持系的生长发育的过程中,叶片中的 ZRs 含量多表现为保持系高于不育系,而在花蕾中则表现为不育系低于保持系,在烟草不育系与保持系生长发育的过程中,叶和花蕾的 ZRs 含量表现出不同的规律。而 iPAs 则与 ZRs 大致呈相反的变化规律。在叶片中多数时期保持系要低于不育系,而在花蕾中则反之。iPAs 在不育系烟株中的积累与 ZRs 在烟草不育系中的亏缺,特别是在花蕾中,可能与不育系植株的不育表现有关。

(4)不育系与保持系的 GA 含量比较显示,在生育期内
(下转第 118 页)

著提升的效果。而喷施 0.5% 氯化钙果实可溶性固形物含量最高达 12.5 mg/g, 与对照相比, 果实可溶性固形物有所提高, 但没有喷施 0.3% 氯化钙的效果显著。综上所述, 喷施 0.3% 氯化钙处理最佳效果。

(2) 该试验结果表明, 与空白对照相比, 喷施钙肥能够显著提高桃果实可溶性糖含量。其中, 喷施 0.3% 氯化钙 1 次、3 次可溶性糖含量分别达 13.8、13.5 mg/g, 比空白对照可溶性糖含量提高了 2.6、2.3 mg/g, 效果显著; 而喷施 0.3% 氯化钙 2 次可溶性糖含量为 10.5 mg/g, 与对照相比可溶性糖含量有所下降, 分析为试验误差所致。喷施 0.5% 氯化钙各个处理的桃果实可溶性糖含量与对照相比都有所下降, 效果不显著。综上所述, 喷施 0.3% 氯化钙处理对豫农二号桃果实可溶性糖含量的影响最为显著, 为最佳处理。

(3) 该试验结果表明, 与空白对照相比, 喷施钙肥能够降低桃果实可溶性酸含量。其中, 喷施 0.3% 氯化钙 1 次与对照相比桃果实含酸量下降了 0.05 mg/g, 其他处理虽与对照相比有所提升, 但随着喷施次数的增加, 其含酸量也有所降低。综上所述, 喷钙处理能使桃果实可溶性酸含量下降, 其中以喷施 0.3% 氯化钙 1 次为最佳处理。

(4) 该试验结果表明, 与空白对照相比, 喷施钙肥能够提高桃果实的硬度。其中, 喷施 0.5% 氯化钙 2 次、1 次对豫农二号果实硬度提升效果最明显, 0.3% 氯化钙处理对豫农二号桃果实的硬度也有一定的提升效果, 但没有 0.5% 氯化钙处理效果明显。综上所述, 0.5% 氯化钙处理对桃果实硬度的提升效果最好, 为最佳处理。

通过试验结果分析以及综合经济、生产、人力等因素考虑, 对桃果实喷施 0.3% 氯化钙 1 次效果最好, 也最为经济实用, 为最佳处理。

4 讨论

研究表明, 钙是果树必需的 6 种大量矿质元素之一^[7],

是细胞壁的重要成分, 在果树体内起着平衡生理活动的作用。土壤中适量的钙素, 可减轻钾钠氢锰铝等离子的毒害作用, 使果树能吸收铵态氮, 而缺钙影响氮的代谢和蛋白质的合成, 不利于铵态氮的吸收, 蛋白质分解过程中产生草酸不被中和^[8]; 果树根系受害突出, 新根粗短、弯曲、尖端褐变枯死; 幼叶失绿, 边缘卷曲, 常出现破裂或斑点, 严重时枝条枯死, 花朵萎缩; 果实缺钙, 苦痘病、痘斑病、水心病等生理病害均会发生^[5]。研究表明, 采前用钙肥喷施桃树, 可以增加果实的含钙量和硬度^[9], 降低 PE 酶的活性, 延缓果实软化, 降低果实的腐烂率; 降低果实的呼吸强度, 延缓酸的降解速率, 减少底物消耗, 从而提高桃贮藏品质。

该试验结果表明, 对桃果实喷施钙肥能够提高桃果实的可溶性固形物含量、可溶性糖含量和果实硬度, 且喷施钙肥还可以降低桃果实可溶性酸含量, 对桃果实的风味具有很大改善。这与该试验目的相符合, 也与前人的研究结果一致。因此, 在以后的生产实践中可以依此为依据, 对桃果实进行实际操作, 提高果实品质。

参考文献

- [1] 田景文. 松森桃在凯里地区的适应性及栽培技术研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(22): 11751 - 11753.
- [2] 杜保伟, 方庆, 胡月华, 等. 叶面喷钙对桃新品系黄水蜜叶片生理指标的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(7): 148 - 150.
- [3] 仲秀娟, 王玮玮, 赵苏海, 等. 不同浓度叶面肥施肥对丹尼斯凤梨生理指标的影响[J]. 广西农学报, 2010, 25(6): 15 - 18.
- [4] 苏明申, 叶正文, 李胜源, 等. 桃使用钙肥的研究进展[J]. 中国南方果树, 2007, 36(6): 79 - 81.
- [5] 林桂雁, 李宝忠, 朱彩华, 等. 钙素生理与钙肥应用[J]. 果农之友, 2002(1): 37.
- [6] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 34 - 36.
- [7] 田永强, 李夏鸣, 李庆亮, 等. 矿质元素与果树病害发生关系的研究进展[J]. 山西果树, 2016(1): 14 - 16.
- [8] 王玉霞. 低温条件下氮素形态对烤烟生理代谢及产量和品质的影响[D]. 福州: 福建农林大学, 2016.
- [9] 赵晓梅, 叶凯, 李文慧, 等. 采前喷钙对库尔勒香梨贮藏效果的影响[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(6): 1021 - 1027.
- [10] 李英贤, 张爱民, 黄铁城. 小麦细胞质雄性不育与花药组织内源激素的关系[J]. 农业生物技术学报, 1996, 4(4): 307 - 313.
- [11] SINGH S, SAWHNEY V K, PEARCE D W. Temperature effects on endogenous indole-3-acetic acid levels in leaves and stamens of normal and male sterile "stamenless-2" mutant of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) [J]. Plant, cell and environment, 2006, 15(3): 373 - 377.
- [12] SHUKLA A, SAWHNEY V K. Metabolism of dihydrozeatin in floral buds of wild-type and a genic male line of rapeseed (*Brassica napus* L.) [J]. Journal of experimental botany, 1993, 44(9): 1497 - 1505.
- [13] 汪良驹, 周燮. 高等植物的脱落酸生物合成及其调节[J]. 植物生理学通讯, 1989(2): 7 - 12.
- [14] 陈竹君, 张明方, 汪炳良, 等. 榨菜胞质雄性不育及其农艺性状的研究[J]. 园艺学报, 1995, 22(1): 40 - 46.
- [15] 高夕全, 张子学, 夏凯, 等. 雄性不育辣椒中几种内源植物激素的含量变化简报[J]. 植物生理学通讯, 2001, 37(1): 31 - 32.

(上接第 57 页)

不育系 GA 含量表现出无规律的升高或降低, 3 个处理多数时期不育系 GA 含量低于保持系, 低浓度的 GA 可能是与烟草的雄性不育有关, 具体机制可作进一步的研究讨论。

参考文献

- [1] 王若仲, 萧浪涛, 蔺万煌, 等. 亚种间杂交稻内源激素的高效液相色谱测定法[J]. 色谱, 2002, 20(2): 148 - 150.
- [2] 夏涛, 刘纪麟. 生长素和玉米素与玉米细胞质雄性不育性关系的研究[J]. 作物学报, 1994, 20(1): 26 - 32.
- [3] 黄少白, 周燮. 水稻细胞质雄性不育与内源 GA₁₊₄ 和 IAA 的关系[J]. 华北农学报, 1994, 9(3): 16 - 20.
- [4] KOJIMA K. Changes of ABA, IAA and GAs levels in reproductive organs of citrus[J]. Japan agricultural research quarterly, 1997, 31(4): 271 - 280.
- [5] 陈竹君, 张明方, 汪炳良, 等. 榨菜胞质雄性不育及其农艺性状的研究