

应用 2,4-D 处理提高柑桔果实耐藏性的研究^{*}

宗汝静 胥 洱 楊廷栋 李建知

(中国农业科学院柑桔研究所)

柑桔为我国南方主要果品。但目前采收期集中,在貯运过程中损失較重,供应期短。减少柑桔貯运损失,延长供应时期,对生产、消费皆有重大意义。

2,4-D 等类似生长素应用于柑桔果实貯运,中外学者都有过研究,在前人的基础上,为进一步研究不同种类、品种柑桔果实 2,4-D 处理效果,2,4-D 与不同采收期等处理的关系,及探討 2,4-D 提高柑桔果实耐藏性的作用机制問題,我們于 1963 年 10 月至 1964 年 5 月在重庆北碚中国农业科学院柑桔研究所自然通风貯藏室繼續进行研究。

試驗材料和方法

試驗分为二部分:

(一)甜橙 (*Citrus Sinensis*) 試驗

1. 不同采收期 2,4-D 处理:設采前二周 100 ppm 加采后当天 250 ppm 二次噴洒、采前二周 100 ppm 噴洒、采后当日 250 ppm 噴洒和对照 4 种处理,于 1963 年 11 月 13 日、12 月 3 日和 12 月 19 日三期采收,共組合为 12 个处理。試驗材料:錦橙(鵝蛋柑),采自 9 年生幼树,每处理分別由 6 单株采果。

2. 不同品种处理:采用錦橙、华盛嶺脐橙、普通甜橙(厚皮)和实生甜橙 4 个品种,分別設采前二周 100 ppm 2,4-D 噴洒、采后当日 250 ppm 2,4-D 噴洒和对照三种处理,共組合为 12 个处理。实生甜橙采自 15—20

年生树,其余为 9—10 年生幼树,采收期为 1963 年 11 月 13—14 日。

(二)紅桔 (*Citrus Tangerina*) 試驗:

設采前二周 70 ppm 2,4-D 加采后当日 750 ppm 二次噴洒,采前二周 70 ppm 2,4-D 噴洒、采后当日 750 ppm 2,4-D 噴洒和对照 4 种处理,分 3 期于 1963 年 11 月 3 日、11 月 19 日和 12 月 3 日采收,共組合为 12 个处理。試驗材料:大紅袍,采自 30 年生实生树,每处理分別采自 2 单株。

試驗用 2,4-D 系天津化工厂出品 5% 2 毫升管装药液。

各处理均設三次重复,每重复一百果,装一箱。以上不同重复果实均包紙、装箱,分別放貯藏室果架上不同部位貯藏。

貯藏期中每半月进行損耗調查一次,分別記載鮮蒂果、干蒂果、干疤果数,并根据外表病征調查各种病害(青綠霉病、蒂腐病、黑腐病、酸腐病、褐腐病和炭疽病等)致腐果数。甜橙果实每次調查时取出腐果和干疤果,紅桔則仅取出腐果,其干疤果仍繼續貯藏。各重复果实每月称重一次。

甜橙、紅桔的不同采收期 2,4-D 处理果实,于采前处理期,入庫、出庫期和貯藏中每月一次,各取不同单株果实 6 个,榨取果汁,以斐林氏液滴定果汁还原糖和轉化糖

* 参加工作的尚有胡大恩、周天池同志。

量；以 0.1 N NaOH 滴定果汁总酸量；以染料法测定果汁维生素丙含量，以 Brix 糖度表测定果汁可溶性固形物；以普通榨汁器榨汁后，放双层纱布中绞干果渣，计算果汁量（果汁/果肉）；以 5 人以上百分制评分法评定果实风味。以草酸滴定 Ba(OH)₂ 所吸收 CO₂ 的简易法测定果实及果蒂呼吸强度。贮藏后期以折光法稍加改进测定处理与对照果皮、果肉束缚水量；以间接碘量法测定处理与对照好果果汁中乙醇含量。其他不同品种处理于入库、出库期进行呼吸强度、糖、酸、维生素丙、果汁量、可溶性固形物测定和风味鉴定，贮藏期中仅每月测固酸比。

贮藏室旬平均温度变化幅度为 8.8±0.6—21.8±1.0℃，相对湿度变化幅度为 82±3—95±1%。

試驗結果

一 不同种类、品种果实經 2,4-D 处理后的贮藏效果

(一) 甜橙

凡經 2,4-D 处理的果实，贮藏中好果率和鮮蒂果率皆显著提高，干疤果减少，贮藏

期延长（表 1）。1963 年 11 月 13 日采收的錦橙果实贮藏 5.5 月，至 1964 年 5 月 3 日，凡处理的都保持好果率 70% 以上，鮮蒂果 50% 以上；对照果实貯至 3 月初，好果率已低于 70%，至 5 月 3 日仅存好果 8.4%，且絕大多数为干蒂果，果皮較皺縮，风味較处理果实差。說明处理可延长鮮果贮藏期两个月以上。

2,4-D 处理效果因采收期、处理浓度、时期和品种而有不同。

1. 处理时期的影响：2,4-D 采前加采后两次噴洒与单采前或采后一次噴洒处理之間效果差异不显著，仅以两次噴洒的表现稍好（表 1）。采前不同时期处理中，采前 2 周和 3 周噴洒处理效果較采前 1 周噴洒好，其好果率分别为采前 3 周处理 31%、采前 2 周 28%、采前 1 周 14%，对照为 13.3%。

2. 采收期的影响：从表 1 資料还可以看出，在試驗所設三个采收期中，处理效果随采收期延迟而有逐渐下降的趋势，此表现与对照果实一致。但凡經 2,4-D 处理的都显著較对照耐贮藏，其果实貯至 5 月 3 日，好果率保持 55.7—76.7%，对照好果率仅为

表 1 2,4-D 处理对錦橙果实贮藏效果的影响

采收期 (日/月)	处 理	貯藏 天数	好 果 率 (%)			干疤果率 (%)	腐 果 率 (%)						生理失重率 (%)
			鮮蒂果	干蒂果	合計		青綠 霉病	蒂腐病	酸腐病	褐腐病	炭疽病	合計	
13/11	采前+采后	173	55.7	21.0	76.7	16.7	2.3	0.3	0.0	1.0	3.0	6.6	21.2
	采前	173	59.3	11.7	71.0	23.0	3.7	0.0	0.0	0.0	2.3	6.0	21.3
	采后	173	54.7	16.3	71.0	20.3	4.7	0.0	0.6	0.7	2.7	8.7	19.8
	对照	173	0.7	7.7	8.4	84.3	0.3	0.0	0.0	1.7	5.3	7.3	26.1
3/12	采前+采后	153	61.0	4.0	65.0	28.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.5	7.0	19.5
	采前	153	52.0	8.3	60.3	32.4	5.7	0.0	0.0	0.3	1.3	7.3	14.5
	采后	153	51.7	4.6	56.3	35.7	6.7	0.3	0.0	0.3	0.7	8.0	16.8
	对照	153	0.4	3.4	3.8	82.0	9.5	0.0	0.0	2.7	2.0	14.2	31.3
19/12	采前+采后	137	54.4	8.3	62.7	15.3	20.7	0.0	0.0	1.3	0.0	22.0	20.0
	采前	137	47.4	8.3	55.7	24.3	17.7	0.3	0.3	0.0	1.7	20.0	19.6
	采后	137	52.7	6.0	58.7	25.7	14.3	0.0	0.0	1.3	0.0	15.6	21.1
	对照	137	0.7	16.0	16.7	47.0	25.4	4.3	0.3	6.0	0.3	36.3	21.3
5% 最低差异显著标准值			16.1		17.6	14.0						11.5	
1% 最低差异显著标准值			21.9		23.8	19.0						15.6	

3.8—16.7%。

3.不同品种的处理效果,試驗所采用4个甜橙品种中,对照果实以錦橙保持好果率最高,其次为普通甜橙、实生甜橙,华盛頓脐橙最不耐藏,好果率按順序分别为18.3%、11.0%、10.7%和3.7%。各品种果实經2,4-D处理,皆有提高耐藏性效果,其中仍以錦橙效果最佳,其次为实生甜橙,普通甜橙和华盛頓脐橙較差,共采后当日250 ppm 2,4-D处理的好果率分别为:78.0%、55.7%、17.7%和24.7%。在及时取出干疤果的情况下,除实生甜橙对照果实外,各品种腐果率皆降至10%以下,2,4-D处理果实的主要特征为:鮮蒂果多,干疤果大大减少,計算干疤果与好果率之間,呈高度負相关($r = -0.94$)。

甜橙各品种对2,4-D噴洒时期反应不同,华盛頓脐橙和实生甜橙以采后处理效果好,后者采前与采后二处理間差异相当显著,好果率分别为19.7%和55.7%,而普通甜橙以采前处理表現好,錦橙則不同采收期果实对2,4-D采前或采后处理反应不一致(表1)。

(二) 紅桔

紅桔果实經2,4-D处理后,保持好果和固有风味,减少腐烂的效果較甜橙更为突出。1963年11月3日采收,采前加采后二次噴洒和采后一次噴洒处理的,貯藏4个月至1964年3月4日,好果率分别为96.4%和92.3%,其腐果率仅为3.3%和5.7%,且果汁仍多;同期对照仅存好果14.7%,腐果損失达74.6%,且好果也已严重枯水,不堪食用(表2)。

紅桔果实2,4-D处理效果受采收期、处理期影响較甜橙更为显著。

1.采收期的影响:在試驗所設3个采收期中,对照果实耐藏性随采收期延迟次第增强,2,4-D处理果实則貯藏表現与对照正相反,以早采者耐藏性提高更为显著,其好果率、鮮蒂果率皆較晚采者高。

对照果实干疤果率、总腐果率和黑腐病、褐腐病、炭疽病腐果皆以早采者較高,尤其黑腐病为紅桔貯藏中最主要的致腐病害,至1964年3月4日,对照黑腐病腐果达50%左右,其次为褐腐病和青綠霉病腐果也分别达18%和16%,2,4-D能抑制上述各种病害

表2 2,4-D处理对大紅袍果实貯藏效果的影响

采收期 (日/月)	处 理	貯藏 天数	好 果 率 (%)			干疤果率 (%)	腐 果 率 (%)					生理失重率 (%)	
			鮮蒂果	干蒂果	合計		青綠 霉病	褐腐病	黑腐病	褐腐病	炭疽病		合計
3/11	采前+采后	123	41.7	54.7	96.4	0.3	0.0	0.0	1.0	2.0	0.3	3.3	18.0
	采前	123	36.0	35.3	71.3	6.3	0.0	0.0	13.7	8.0	0.7	22.4	19.1
	采后	123	32.7	59.6	92.3	2.0	0.0	0.0	0.3	4.7	0.7	5.7	19.0
	对照	123	3.7	11.0	14.7	10.7	0.3	0.0	50.3	18.3	5.7	74.6	21.3
19/11	采前+采后	109	20.0	71.4	91.4	0.3	0.0	0.0	3.3	4.7	0.3	8.3	19.6
	采前	109	13.4	64.0	77.4	0.3	2.0	0.0	13.7	6.3	0.3	22.3	19.5
	采后	109	22.3	67.4	89.7	0.3	1.0	0.3	2.0	6.7	0.0	10.0	18.8
	对照	109	4.7	31.0	35.7	2.3	1.3	1.0	52.7	6.7	0.3	62.0	19.9
3/12	采前+采后	93	15.7	63.6	79.3	0.7	14.0	0.0	5.0	1.0	0.0	20.0	19.8
	采前	93	8.7	55.0	63.7	1.3	12.3	0.0	20.0	2.7	0.0	35.0	21.3
	采后	93	21.3	57.4	78.7	0.0	11.3	0.0	7.0	2.7	0.3	21.3	19.0
	对照	93	6.7	34.3	40.3	0.7	16.3	0.0	39.7	3.0	0.0	59.0	19.0
5%最低差异显著标准值			10.5		14.0							13.2	
1%最低差异显著标准值			14.3		18.9							18.0	

腐烂,尤其对黑腐病抑制效果最为突出,处理果实此病腐果率降低至1%以下。

2. 处理时期的影响: 2,4-D 不同时期处理中,采前加采后二次喷洒与采后一次喷洒效果差异不显著,以二次喷洒者稍突出,采前一次喷洒效果较差,与采前、后二次喷洒和采后一次喷洒间好果率差异显著,超过5%最低差异显著标准值。但采前喷洒较对照好果率提高效果仍极显著。

二 2,4-D 处理对果实生理化学特性和风味的影响

1. 对呼吸作用的影响: 甜橙、红桔呼吸作用测定资料表现如下趋势: 采前 2,4-D 处理加强果实贮藏期中呼吸作用,采后处理

则对贮藏中呼吸表现抑制效果,采前加采后处理的表现为中间类型(图1)。

2. 对糖、酸和维生素丙的影响: 果实贮藏中呼吸作用首先消耗酸,故总酸量的变化与上述各处理呼吸强度变化趋势相似,这种情况在甜橙方面表现较为明显(图2)。

比较各处理果实贮藏中含酸量变化情况,以采后处理和采前、采后二次处理酸保存率较高,而对照和采前处理果实酸的消耗较多。华盛顿脐橙和普通甜橙 2,4-D 处理果实贮藏中酸保存率亦显著较对照高。

贮藏中果实含糖量变化较为复杂,甜橙不同处理中,采前处理和对照果实贮藏中蔗糖含量增长较采后和二次处理的多(图3),

其还原糖增长率则表现为: 采前处理较对照和其他处理都高,似表现此二处理果实由于在贮藏中呼吸作用较为旺盛,多醣(如果胶)分解和蔗糖还原过程都较活跃;在果实解剖性状方面,也可以观察到贮藏后期对照果实汁胞绵软的现象;但采前处理还原糖消耗较对照低,表现为采前处理果实后期还原糖量的不断增加。

2,4-D 处理对甜橙、红桔果实贮藏中维生素丙的影响不明显。

3. 对果实乙醇含量的影响: 贮藏 193 天后,第一期(11月13日)采收的锦橙对照果实果汁乙醇含量,较采前加采后二次处理的果实高 1 倍(表 3)。乙醇为贮藏果实中嫌氧呼吸的产物,乙醇的过度积

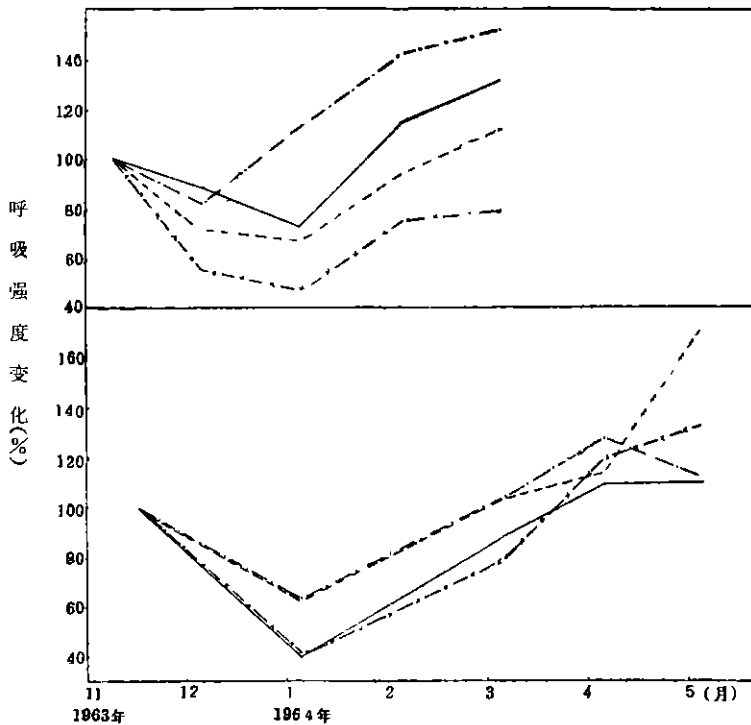


图 1 2,4-D 处理对甜橙、红桔贮藏中呼吸作用的影响

———采前加采后处理 - · - · - 采前处理
- x - x - 采后处理 - - - - 对照

累, 会对果实組織形成毒害影响。

4. 对果汁量和果实风味的影响: 2,4-D 处理对錦橙果汁量无显著影响, 华盛顿脐橙、普通甜橙和实生甜橙处理果实果汁保存率則較对照高, 貯藏5个月后, 华盛顿脐橙2,4-D处理果实的果汁量为原入貯时果汁量的104.6%^[1], 对照果实为94.9%, 普通甜橙处理与对照果实果汁保存率分别为120.7%和111.6%, 实生甜橙分别为120.3%和108.3%。同时, 各品种2,4-D处理果实酸保存率高, 多醣分解少, 质地致密, 乙醇含量低, 无异味, 故口尝风味較对照好。

紅桔果实經2,4-D处

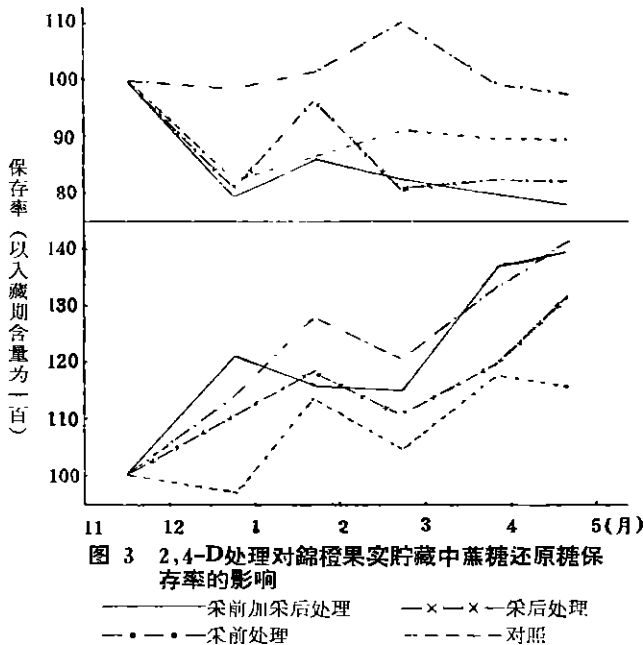


图3 2,4-D处理对錦橙果实貯藏中蔗糖还原糖保存率的影响

——采前加采后处理 —x—x—采后处理
- · - · - 采前处理 - - - - 对照

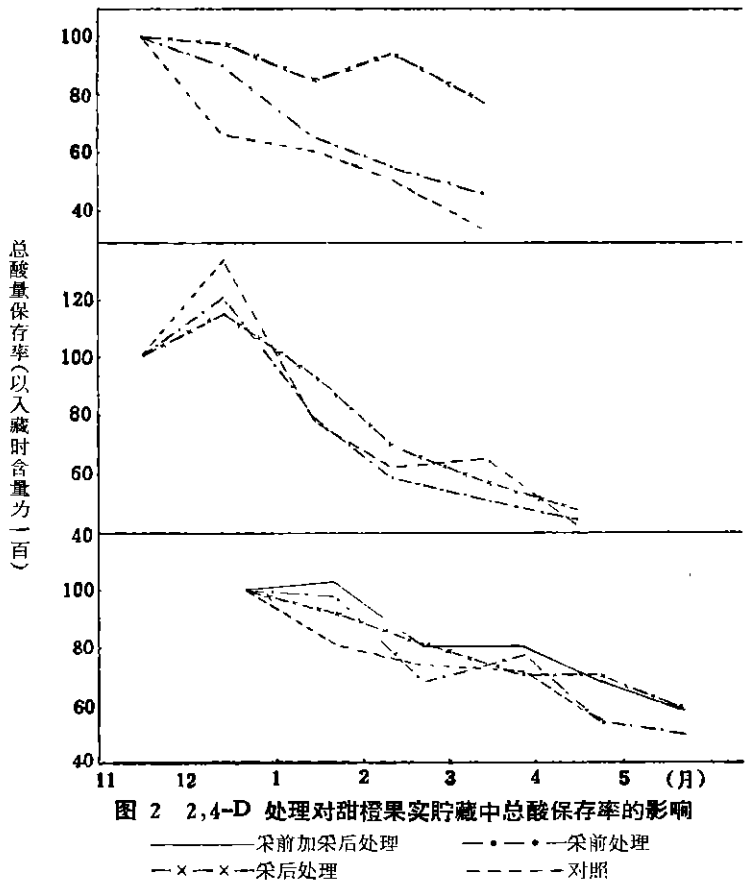


图2 2,4-D处理对甜橙果实貯藏中总酸保存率的影响

——采前加采后处理 - · - · - 采前处理
—x—x—采后处理 - - - - 对照

理能延迟貯藏中枯水現象出現, 貯藏4个月后, 未处理果实严重枯水, 不堪食用; 第一期采收的处理果实則仍果汁饱满, 风味較对照果实好。第二、三期采收的处理果实不能抑制枯水。

5. 对果实水分状况的影响: 果实貯藏中的生理失重主要为水分損失, 也包括因物质分解消耗所損失的重量。根据貯藏期中每月称重結果, 2,4-D处理的甜橙、紅桔貯藏

[1] 甜橙果实貯藏中, 果汁量反有增多現象, 初步认为是原果胶等物质在貯藏中分解为可溶性物质超过了果汁損失的結果, 处理果实多醣分解少, 但果汁損失亦少, 故果汁保存率較对照高。

表 3 2,4-D 处理对甜橙貯藏后乙醇含量的影响

处 理	貯藏天数	乙 醇 含 量 (毫克/100毫升果汁)
采前+采后	193	34.25
对 照	193	68.45

中生理失重皆較对照降低 (表 1、2), 采收愈早, 差异愈显著。

貯藏后期测定甜橙果皮和紅桔果肉中束縛水含量, 2,4-D 处理果实的束縛水、自由水和总含水量都較对照果实高, 說明处理果实持水力較对照提高。这种水分状况变化在果实外观上的反应是: 对照甜橙果皮易皺縮, 处理的較新鮮饱满; 对照紅桔果肉易枯水, 处理的能保持果汁, 延迟枯水现象。

表 4 2,4-D 处理对甜橙果皮、紅桔果肉中水分状况的影响

材 料	处 理	总含水量 (%)	自由水含 量(%)	束縛水含 量(%)
甜橙果皮	2,4-D 采前 + 采后处理	78.22	66.61	12.11
	对 照	68.80	60.94	7.86
紅桔果肉	2,4-D 采前 + 采后处理	89.21	85.93	3.28
	对 照	86.63	83.98	2.65

討 論

一 柑桔果实貯藏中应用 2,4-D 处理的效益

1. 甜橙果实貯藏中, 一經产生干疤, 即不耐久貯。据我們 1964 年 4 月观察, 初期干疤果实在 14 天之內有 70.1% 腐烂, 干疤果与好果率呈高度負相关。2,4-D 处理显著抑制果实产生干疤和干蒂, 因而得以延长貯藏寿命。本試驗处理果实通风条件下貯藏半年以上, 仍保持好果 70%, 腐烂率低于 10%; 如进一步实施 2,4-D 处理和貯藏中

見干蒂、干疤果及时取出, 則更可防止腐烂于未发生之前, 貯藏至次年五一节果实可陆續供应市場, 而全部腐烂不超过 3—5%。外銷果实經 2,4-D 处理, 貯至次年 2—4 月, 可选出 50—70% 鮮蒂好果出口。

2. 紅桔果实貯藏中腐烂严重, 且果肉易枯水, 失去食用价值。2,4-D 处理大大减少腐烂損失, 并显著延迟果肉枯水现象, 貯至春节, 可保持好果率 95%, 且果汁饱满, 风味良好。

3. 2,4-D 处理成本低廉, 本試驗所用 5% 药液每盒 (2 毫升管 10 支共 20 毫升) 仅 0.1 元, 折算采后处理每 1,000 斤果实成本 0.1—0.3 元, 采前处理也仅 1—1.5 元, 而减少腐烂, 增加收益效果則可达数百元。且 2,4-D 对人畜无害, 使用方法亦簡便, 因而 2,4-D 处理可作为减少柑桔果实貯运損失的有效措施之一, 在生产上逐步推广应用。

二 2,4-D 处理的有效方法

2,4-D 处理效果因处理期、果实采收期和果实生长状况而异。

甜橙采前或采后一次噴洒、紅桔采后一次噴洒与采前加采后二次噴洒效果相近 (好果率差异 < 5%, 远小于 1% 的最低差异显著标准), 从經濟效益上看, 大量应用时, 可考虑一次噴洒。采后处理用药、用工較省, 效果較采前处理稳定, 但目前生产单位反映, 噴洒后須晾干入庫, 处理受空間条件限制, 有一定困难, 故除了进一步研究采后大量处理的切实可行的設施、机具外, 目前可根据果实种类和采收后处理条件, 决定采用采前或采后处理。采后处理时, 可采用浅箱架藏, 采后即选果、噴洒、上架, 或采用上下层間隔 1 尺左右的果架, 果实上架后噴洒, 然后加大通风, 迅速晾干。

采前处理期以采前 2—3 周为宜, 采前 1 周处理, 效果不显著。

甜橙、紅桔用 2,4-D 处理貯藏果实,

都以較早于果实初轉黃部分帶青時采收為好，尤其紅桔只有在上述成熟度采收，才能保持果汁；采收延遲，雖經 2,4-D 處理好果率提高，仍枯水嚴重。

甜橙各品種中，品質優良、耐藏性強的錦橙，2,4-D 處理效果最突出，可作為大量貯藏的優良品種。

果实組織疏松或干物质含量低，如小年果实、幼树果实，在一定程度上影响处理效果。

三 2,4-D 处理提高柑桔果实耐藏性的机制

1. 試驗進一步證明，2,4-D 采前處理增強果实貯藏中呼吸作用和酸的消耗，采後處理呈相反趨勢。同時，在果实糖分代謝上初步觀察到以下趨勢：2,4-D 采前處理促進果实貯藏中多醣、雙糖的分解，但還原糖消耗較對照減少；采後處理能抑制糖的分解過程。

2,4-D 處理果实內乙醇積累量顯著較對照低，僅為對照果实 50%。說明處理果实有氧化和嫌氧呼吸對比關係較對照正常，也是處理後干疤果实減少的內在基礎。

我們認為，以上 2,4-D 處理後呼吸和糖、酸代謝，乙醇量變化情況，都說明 2,4-D 處理不僅引起果实生理化學性狀產生量變，並影響果实代謝過程產生質的變化。

2. 2,4-D 處理抑制果实果蒂離層形成，因而能使果蒂保持新鮮狀態。據測定，2,4-D 處理的新鮮果蒂呼吸活性較對照干蒂高 1 倍，取 10 個果蒂測定，一晝夜放出 CO_2 量分別為 315.7 毫克和 157.6 毫克。貯藏後期解剖鮮蒂果实中心柱維管束，仍新鮮正常，干蒂果維管束則自果蒂開始，沿中心柱向臍部呈褐色敗壞狀延伸。Бах 和 Рубин 所提出的呼吸的保護作用概念指出，呼吸保護作用的現象之一，是高等植物借氧化作用酶類，能夠中和甚至完全破壞微生物的毒素。本試驗數據分析的結果，在甜橙貯藏中鮮蒂果保存率與蒂腐病和干疤果發生率皆呈現高度負相關

($r = -0.85$ 和 -0.88)，紅桔鮮蒂果率與黑腐病發生也存在負相關。

綜上所述，我們初步認為，呼吸作用活性較高的新鮮果蒂和維管束組織，對主要經由蒂部侵入的病菌（如蒂腐病菌 *Diplodicta natalensis* 和 *Phomopsis Citri*、黑腐病菌 *Alternaria Citri*）有較強的抵抗能力，干枯的果蒂和維管束組織對病菌侵入的自然抵抗力顯著降低，這是 2,4-D 處理果实對病菌抵抗力增强的主要原因之一。

3. 初步測定結果，2,4-D 處理果实束縛水含量較對照果实高，因而增強了果实持水能力，果实自由水和總含水量也高於對照，這種保持果实水分的現象，特別反映在貯藏中失水較多的部位（紅桔果肉、甜橙果皮）。果实失水除影響食用品質和外觀，並破壞細胞內正常充水狀態，加強細胞中有机物質的分解過程，削弱其對微生物的抵抗能力。因此，2,4-D 處理果实束縛水量高，增加持水力，自由水亦高，相對地加強了果实的抗病性和耐藏性。

綜上所述我們初步認為，2,4-D 處理提高柑桔果实耐藏性的作用機制主要為：抑制果蒂產生離層，保持新鮮果蒂的保護作用，和延遲貯藏果实生理代謝失調現象出現；提高果实持水能力，保持細胞正常充水狀態，因而增強了貯藏果实對致腐病菌和不良環境的抵抗能力。2,4-D 對致腐病菌的直接抑制作用則是比較次要的因素，Erickson 等的工作證明，高濃度(5,000ppm)2,4-D 和 2,4,5-T 能延緩柑桔果实貯藏中 9 種主要致腐病菌的生長，但都不能絕對抑制其生長。

本試驗在通風貯藏條件下進行，其果实經 2,4-D 處理後表現，及對作用機制的初步分析，都針對此種貯藏環境而言。據目前了解，在冷藏或密閉土窖貯藏時，2,4-D 處理仍表現良好抑制腐爛、干蒂和保持鮮蒂等效果，但在水分、果色等方面有不同表現，值得進一步研究。