

# 植物激素在柑桔上的应用

中国农业科学院柑桔研究所科研组

植物激素是指在植物体某一部位形成,输送到其他部位,并在此以极微之量引起特定的形态反应和生理变化的物质。具有上述性质的人工合成物质也叫植物激素。在高等植物的生活中,植物激素占有相当重要的地位,可以说,植物生长、发育各个阶段无不与植物激素有关。目前已发现的植物激素大致可分五类,择其要者简述于下:

1. 生长素类:天然存在的生长素是吲哚乙酸(IAA)。人工合成的生长素有2,4-二氯苯氧乙酸(2,4-D),2,4,5-三氯苯氧乙酸(2,4,5-T)和 $\alpha$ -萘乙酸( $\alpha$ -NAA)等。哈里法(1963)发现柑桔幼果中存在一种能使燕麦胚芽鞘弯曲,但不具吲哚性质的生长素,称之为“柑桔生长素”(Citrus auxin),并证实“柑桔生长素”与脐橙的“六月落果”密切相关,在脐橙“六月落果”时期,“柑桔生长素”的含量降至最低。目前这一类植物激素在柑桔上主要用于果实贮藏,防止采前落果和疏花疏果。

2. 赤霉素类:目前已在190种高等和低等植物中,发现29种化学结构不同的赤霉素(GA)。瓦田和住木(1959)从温州蜜柑的徒长枝中分离得到赤霉素A<sub>1</sub>。哈里夫(1965)从华盛顿脐橙和尤力克柠檬的幼果中,分离得到三种赤霉素:GA<sub>x</sub>、GA<sub>y</sub>(相当于GA<sub>1</sub>)、GA<sub>z</sub>(相当于GA<sub>9</sub>)。威尔特班克(1969)证实华盛顿脐橙幼果中的赤霉素含量与果实生长密切相关。研究证明,赤霉素与柑桔的开花、座果和果实的成熟等过程密切相关。

3. 细胞动素类:以前国内外文献中通用“激动素类”(Kinetins)一词代表此类激素。由于激动素(6-咪唑氨基嘌呤)并不是天然存在的物质,以后从未成熟的玉米粒和李的幼果中,提纯到一种天然存在的、强烈刺激细胞分裂的物质,叫做“玉米素”(Zeatin),在苹果、香蕉、草莓、蕃茄等幼果中也有类似物质,因此用“激动素类”一词概括此类物质不尽完美,目前国际上通用“细胞动素”(Cytokinins)一词代表此类激素。人工合成的细胞动素中6-苄胺嘌呤(6-BA)活性较高。细胞动素最显著的特点是具有强烈刺激细胞分裂的能力,其它主要特点有:具弱碱性(其它激素多为酸性),能打破顶端优势,促进侧芽萌发等。目前柑桔类植物中尚未分离得到此种激素,关于柑桔对细胞动素反应的报导也极罕见。

4. 抑制剂:可以把抑制根、茎伸长,抑制种子和芽萌发的激素称之为生长抑制剂。虽然它们能拮抗前述三类激素的作用,但不能简单地视其为此三类激素的拮抗物,它们可能独特地调节某些生理机能。天然存在的抑制剂于1963年由棉花中分离得到纯结晶,称之为“脱落酸”(ABA),康福斯(1967)和戈德斯米特(1968)分别从柑桔的幼果和嫩枝中分离得到“脱落酸”。人工合成的抑制剂有顺丁烯二酰(MH)、矮壮素(CCC)和N-二甲氨基琥珀酸(B-995或Alar),这一类激素与柑桔的休眠和萌发很有关系。

5. 其它:有一些化合物具有激素性质,但与上述四类激素性质不同,我们将其暂列此

类。这里主要介绍“催熟激素”，如乙烯、二氯乙基磷酸（ethrel）等。抗坏血酸和碘化物对柑桔果实也具有催熟作用。

柑桔上使用植物激素已有三十年的历史。目前发现柑桔生长发育的许多阶段对植物激素具有强烈的反应，其中不少反应是有应用价值的，今后肯定会有一些植物激素用于柑桔生产的新领域中。

## 一、休眠与萌发

控制种子和芽的萌发是柑桔生产经常遇到的问题。目前认为休眠与萌发是受激素控制的。哈斯等（1954）用2,4-D稀溶液浸种，提高了K oethen 甜橙种子的萌发率。伯恩斯等（1970）用1000ppm赤霉素浸种甜橙种子24小时，加速了种子的萌发速度，提高了萌发率，出苗一致，加速幼苗生长。我们（1972）用50-200ppm的赤霉素和10-200ppm的6-苄胺嘌呤浸种经过冬季层积的枳壳种子，均未发现明显的促进萌发作用，但赤霉素处理者，幼苗根茎生长加速，6-苄胺嘌呤处理者，根茎生长受抑，但横向生长加速，根和茎呈短粗壮。赤霉素和6-苄胺嘌呤混合处理者，幼苗生长粗壮。

冬季喷布化学药剂，使柑桔的芽在早春处于休眠状态，是国外寻找防止柑桔冻害的途径之一。斯图尔德（1960）和汉德肖特（1962）报导，在11月用1000和2000ppm的MH整株喷布葡萄柚、甜橙、宽皮桔等十三个品种的幼树，显著抑制了这些树的萌芽（春梢），减轻了因早春低温造成的冻害程度。春梢受抑时间从30天到7个月（因喷药时期气温而异，气温高，抑制时间长）。但次年第一次抽出的枝条其叶片呈狭长形，复芽多，果实梨形，生长缓慢。伯恩斯（1970）检查了MH、KMH等八种化学药剂的防寒试验，结论是变化较大，不够稳定，尚需继续观察。库珀等（1958）报导，赤霉素可打破柑桔的自然休眠。科金据此推断（1968）赤霉素有可能打破MH引起的芽休眠。我们观察到，在锦橙上赤霉素不能打破MH引起的芽休眠，但100ppm的6-苄胺嘌呤二次喷布，可以在十天内解除MH引起的芽休眠（未报导）。

夏季使用MH可以调节夏梢的生长。美国柠檬果园夏季常采用机械打顶措施。但打顶后，夏梢仍然抽发。伯恩斯（1960）报导，400ppm MH能抑制尤力克柠檬的顶端生长达11个月之久，且不影响当年产量。用250-1000ppm的KMH处理，新梢受抑时间可达8个月。我们试图用MH抑制夏梢抽发，代替抹芽措施，观察到4000ppmMH处理长度1cm以下的脐橙夏梢，可在两周内抑制夏梢不萌发；两周后继续处理，夏梢萌发又可推迟两周。但此种浓度处理下，幼果生长也受抑制。

## 二、开花

控制柑桔开花在柑桔育种和栽培上都有重要意义。育种工作需要幼树早开花、早结实，以利缩短鉴定时间。栽培上，若能控制大年少开花，小年多开花，有利于克服大小年现象。开花是个复杂的生理过程，光周期、温度、湿度、营养、激素等都能影响开花，但开花的机制目前仍不清楚，关于激素与柑桔开花的报导也很少。

蒙斯利思等（1964）报导，在11月3日到1月之间，用200PPm赤霉素喷布 Shamouti甜橙，每隔两周喷一次，如果喷到12月以后，次年不开花。如只喷到12月中旬，则次年仍然开花，但花期推后。希路思（1970）于11月10日开始用1000PPm 赤霉素喷三年生温州蜜柑，每隔20天喷一次共喷2—10次，次年不开花。如果处理时间推迟，则赤霉素抑制开花的作用也逐步减少。1970—1971年，我们观察到冬季喷500PPm 赤霉素，抑制脐橙和锦橙次年开花

（未报导）。从上述情况来看，若进一步研究能确定在何时，何种浓度，喷药几次的条件下，使次年的花量减少到一定程度，那么就有可能运用赤霉素于小年结果树，减少次年花量，作为防止柑桔大小年现象的措施之一。

蒙斯利思于夏季（1963年8月15日及8月26日）用500PPm的BTOA（苯并噻唑氧代乙酸盐）两次喷布尤力克柠檬，促进了柠檬开（秋）花。下迫勇助用1000PPm的BTOA处理温州蜜柑五次，次年开花量提高五倍，但300PPm BTOA处理者，开花反而受抑制。蒙斯利思（1971）报导，BTOA对Shamouti甜橙的开花无明显作用，但大年果园用B-995处理，显著促进次年花量。小年果园中喷布B-995和CCC都不能促进次年花量。

### 三、脱落与座果

1. 采前落果：许多柑桔品种，果实成熟前，形成离层，造成大量落果，称之为“采前落果”。采前落果在夏橙中尤为严重。加德纳于1941年发现，采收早期喷100PPm的NAA，减少了凤梨橙的采前落果，10PPm的NAA处理则无效。如果采前落果已经开始，则100PPm的NAA处理，也不能防止。斯图尔特等（1947）发现，在采前落果发生前用8—16PPm的2,4-D喷布，显著抑制了伏令夏橙的采前落果。以后在脐橙、葡萄柚和柠檬上都证明了2,4-D能防止这些品种的采前落果。澳大利亚、日本、印度等也先后在不同的气候条件下得到类似的结果。1958年我国浙江省黄岩柑桔研究所开始进行2,4-D的保果试验，1963年中国农科院柑桔研究所证实在冬季低温的四川地区，50—100PPm的2,4-D能有效地防止夏橙落果。目前喷布2,4-D已成为国内外柑桔园中防止采前落果的一项不可缺少的措施。

2,4-D采前喷布必须在采前落果发生前进行，否则离层一旦形成，2,4-D的作用就失去了。喷2,4-D后，虽然会造成幼叶卷叶现象，但只要浓度不超过处理范围，以后幼叶能恢复常态，且不影响次年的抽梢和产量。

2. 疏果：温州蜜柑、威尔金桔等大小年严重的柑桔，不仅小年产量锐减，而且大年结果过多，造成果实偏小，降低果实等级的不利后果。用植物激素进行疏花疏果是克服大小年的措施之一。希尔德报导（1962）用350PPm的NAA喷布威尔金桔幼果，疏掉一部份果，而留在树上的果由于果实体积增大，当年产量并无减少，而次年基本上没有出现小年现象。夏橙、脐橙和一些桔类都有类似的反应。用NAA疏果，不影响果实的内外品质。日本用NAA对温州蜜柑的疏果作用进行了系统的研究，已在生产上推广使用。NAA的喷布若提前到花期进行，则无疏花疏果的作用。花期喷布MH可以起到疏花的作用，但造成果实偏小，汁胞生长受抑，果皮增厚的缺点。幼果期使用MH则无疏果作用。

3. 提高座果率和防止生理落果：柑桔开花甚多，但最终收获的果实极少，这在无核品种中尤为突出。据埃里克森（1960）统计，夏橙的座果率（以花为基数）为1%，脐橙的座果率仅0.2%。脐橙座果率低的原因是由于落花落果特别严重。在脐橙的花、果脱落中，花蕾脱落占48.5%，花的脱落占16.7%，带果梗的幼果脱落占31.4%，自蜜盘脱落的幼果占3.2%。我们把花瓣脱落后一段时期内，幼果大量脱落的现象叫生理落果。由上述数字可知，在脐橙中，由于生理落果而落掉的果数是收获果实的173倍。如果能减少生理落果，将大大增加最终的座果率，显著提高产量。因此国内外对此问题都给以相当的重视，探索了温度、日照等外界因子对生理落果的影响，采取了环割、授粉、施肥、修剪和植物激素等措施防止柑桔的生理落果，虽然收到了不同程度的效果，但都未能显著克服生理落果现象。

希尔德等(1958)发现以赤霉素 A<sub>3</sub> (GA<sub>3</sub>) 用于莱檬 幼果 (直径 9.5mm)、柠檬的花和华盛顿脐橙的花枝上,增加了这些品种的座果率,且不影响果实形状、大小、果色和品质。岩崎藤助等(1962)用500PPm的GA<sub>3</sub>处理脐橙的花和幼果,减少了生理落果,提高了座果率。如果GA<sub>3</sub>与尿素或授粉混合处理,效果更好,2,4-D和2,4,5-T对防止脐橙的生理落果则无效果。克雷茨东等(1962)用GA<sub>3</sub>处理阿兰多 tangelo、居姆脐橙和伏令夏橙的枝条和花,也提高了这些品种的座果率。索斯特(1958)用1000PPm的GA<sub>3</sub>处理去雄后的克里曼丁红桔,提高了座果率。德尔里维罗(1968)也证明GA<sub>3</sub>能提高克里曼丁红桔的座果率,2,4-D则无作用。夏马等(1966)报导,盛花期用GA<sub>3</sub>和2,4-D处理哈姆林甜橙和伏令夏橙等品种,提高了座果率,GA<sub>3</sub>的效果更好。但到4—6月份的夏季落果期间(印度)果实仍然脱落,即盛花期用GA<sub>3</sub>和2,4-D处理,都不能防止哈姆林和伏令夏橙的夏季落果。我们(1970,1971)通过两年田间试验,证明100—500PPm的GA<sub>3</sub>水溶液处理华盛顿脐橙的幼果,能提高座果率2—6倍(以处理时的幼果为基数),此外还观察到500PPm GA<sub>3</sub>能提高无核晚桔、克里曼丁红桔、夏橙和血橙等品种的座果率,不能防止锦橙的生理落果。

根据目前的报导看来,在生理落果严重的地区,赤霉素不仅是防止生理落果最有效的激素,而且比其它措施的效果明显。只从激素的角度来看,早期的报导认为2,4-D等生长素也能防止生理落果,并为许多柑桔生产者用为防止柑桔生理落果的一种措施。但这些报导以后大多为同一国的研究者所否定,我们也观察到,至少在某些品种中,2,4-D不能防止生理落果。因此我们认为,一般来说,无论在花期和幼果期使用2,4-D,不能有效的防止柑桔的生理落果,即使开始能增加座果数,但这些果实,最终仍然落去。我们希望各地柑桔工作者能在不同气候条件和不同品种间,研究、澄清此问题。

虽然赤霉素能显著提高很多柑桔品种的座果率,有效的防止生理落果,但美、日等国尚未见报导于生产上使用,其原因主要是花期整株喷布不仅防止生理落果的效果不显著,而且还会产生严重的枯枝落叶等药害。幼果期单果处理则有果皮厚度增加、成熟期推迟、风味下降等缺点。我们观察到,如果喷药时间推迟到幼果期,不仅可以提高脐橙座果率,而且不会造成枯枝落叶的药害,控制赤霉素浓度和使用次数,也可克服果皮增厚、风味下降等缺点(待报导)。因此赤霉素防止柑桔生理落果,提高产量的潜力仍然是很大的。

4. 赤霉素防止脐橙生理落果的生理基础: 威尔特班克(1969)测定了华盛顿脐橙子房和幼果中赤霉素含量和果实生长的关系,发现:

(1)每果中赤霉素总量在盛花期后四周内变化不大,但花瓣脱落后第四周起,赤霉素总量直线上升,由0.2微克增加到4微克左右,说明果实生长时,需要(或引起)赤霉素总量增加。

(2)如果以赤霉素浓度计算(每克果实鲜重所含赤霉素的量,微克/克),盛花期中赤霉素浓度最高,花瓣脱落期最低,花瓣脱落后又上升,以后继续呈起伏状态,直到花瓣脱落后第八周方呈平稳。

(3)幼果生长量和赤霉素浓度的关系: 如果以

$$\frac{\text{每周增加的果重(或体积)}}{\text{每周开始时的果重(或体积)}}$$

表示果实生长速率,那么赤霉素浓度的变化是超前于果实的生长速率,在花瓣脱落期到花瓣脱落后的第三周大约是超前两周,花瓣脱落后第三周起,就只超前一周了。即赤霉素浓度

上升(或下降)之后的一、两周内,果实的生长速率就要随之上升(或下降)。

在生理落果和赤霉素浓度之间也有类似的赤霉素超前现象,因此可以看出赤霉素和脐橙果实的生长(和脱落)之间有一密切的因果关系,赤霉素是“因”,果实的生长(和脱落)是“果”。由这个实验也可解释,当果实内部赤霉素浓度较高时,使用赤霉素可能不会显著提高座果率,反而产生果皮增厚,品质下降等不良反应。

#### 四、成熟和贮藏

调节柑桔的市场供应,除搭配早、中、晚熟品种外,还可通过控制果实的成熟期和贮藏鲜果而达到。

研究证明,赤霉素能延迟脐橙、夏橙、葡萄柚、红桔、柠檬和来檬等果实的脱绿,从而延迟果实的成熟和采收。目前美国、南非和澳大利亚等已在生产中使用赤霉素延迟脐橙和柠檬的果实成熟,调节市场供应。

对柠檬来说,在加利福尼亚气候条件下,于10—12月用10PPm赤霉素进行整株喷药,不仅推迟了成熟期,而且由于果实挂树时间延长,减少小果比例,提高了果实的等级。对于脐橙来说,如果于12—1月喷布5—20PPm的GA<sub>3</sub>,延迟成熟期,可“挂树贮藏”到次年5月采收,不但对果实的大小、形状、果皮厚度、果汁品质和次年产量无影响,而且防止了在果皮转黄期间,由于果皮衰老软化而引起的水斑病(Water Spot),污斑病(Staining),浮皮果(Puffy fruit)等生理病害。使用时应注意喷药时间,如果在脐橙上喷药时间过早,则果皮不易转黄,喷药时间过晚,影响次年产量。在喷用赤霉素时,可以混入8—16PPm的2,4-D,以减少采前落果。

很早就知道乙烯与果实的成熟关系很密切,但乙烯是气体,使用时诸多不便。近年国外合成一种叫做ethrel(二氯乙基磷酸)的植物激素,此种激素可以配成水溶液进入植物体内后,释放大量乙烯,从而催熟果实。约伦于采后用1000PPm的二氯乙基磷酸处理尤力克柠檬(8月初采收,果实直径5.5—6.0cm)、克里曼丁红桔、马叙无核葡萄柚,处理方式为水溶液浸泡,然后于17°C下放置,7天后,果实即充分上色,品质与对照差异不大。日本目前也在开始用二氯乙基磷酸催熟早熟温州蜜柑。

柑桔贮藏的最大问题之一是由于果蒂干枯,病菌侵入,造成黑腐病害。凯斯勒等(1948)发现采后用100—1000ppm 2,4-D洗果,可使贮藏的柠檬果实保持青蒂,防止黑腐病。斯图尔特等(1949)先后报导采前8—64PPm或采后100—2000PPm 2,4-D或2,4,5-T处理柠檬、葡萄柚、脐橙、桔类、来檬和克里曼丁红桔,皆能保持果实青蒂,减少腐烂,延长贮藏时间。我国自1955年即开始进行2,4-D处理贮藏柑桔果实的试验,四川省农科院江津园艺站、福建、湖北、江西等有关单位和我所均先后进行了研究,并已在生产中推广应用,获得良好效果。

植物激素在柑桔上的应用不限于上述四个方面,柑桔的扦插繁殖、柑桔的营养生长和柑桔的育种工作等也都与植物激素有关,由于资料的局限性,不在此处介绍。

(参考资料62篇略)