

## 苹果短果枝叶片数量对坐果的影响及机理探讨

黄卫东 张晓明

(中国农业大学园艺学院)

**摘要** 成花短果枝叶片数量不同, 花芽发育质量不同, 具 4 片叶成花短果枝次年花序花朵数和坐果率明显低于具 5~ 6 片叶和 7 片以上叶成花短果枝。晚秋期间, 与具 5~ 6 片叶成花短果枝相比, 具 4 片叶成花短果枝顶芽内 GA<sub>s</sub> 含量、GA<sub>s</sub>/ABA 比值较高, 而 ABA 和 IA 含量较低。晚秋喷施多效唑和谷氨酸可以明显提高具 4 片叶成花短果枝次年的坐果率。

**关键词** 苹果; 坐果; 内源激素; 生长调节物质

**分类号** S661.1; S601

### Effects of Leaf Numbers Per Spur of Apple on the Fruit Setting and Its Mechanisms

Huang Weidong Zhang Xiaoming

(College of Horticultural Sciences, CAU)

**Abstract** Three varieties of apple trees (*Malus domestica* Mill.) were used as materials to test for the effects of leaf numbers per spur on the quality of flower bud, the contents of endogenous hormones in buds and fruit set. The results showed that both the flower numbers per inflorescence and fruit set of the spur with 5~ 6 or over 7 leaves of 'Akifu 1', 'Nagafu 2' and 'Gala' apple trees were higher than those with 4 leaves, so was 'Gala' with over 7 leaves than those with 5~ 6 leaves. Higher fruit sets influenced by leaf numbers of spurs was correlated with flower numbers of inflorescence. Higher contents of both ABA and IA or lower contents of both GA<sub>s</sub> and ratio of GA<sub>s</sub>/ABA in bud of spur with 5~ 6 leaves were observed as compared to those with 4 leaves. No remarkable differences between spurs with 4 and 5~ 6 leaves were observed in the contents of ZR. By using different type spurs of 11-year-old 'Akifu 1' apple trees, foliar spray of 160 mg·L<sup>-1</sup> salicylic acid (SA), 100 mg·L<sup>-1</sup> benzylamin purine (6-BA), 500 mg·L<sup>-1</sup> pacloprazole (pac1), 100 mg·L<sup>-1</sup> glutamic acid (Glu) and 200 mg·L<sup>-1</sup> ethephon were respectively made on Sep. 27 in 1995. Either pac1 or Glu applied on Sep. 27 increased fruit set of all type spur in the following year, particularly significant influences observed on spur with 4 leaves. However, the effects of both SA and 6-BA on increasing fruit set was observed only on spur with over 7 leaves.

**Key words** apple; fruit set; endogenous hormones; growth regulators

苹果坐果受多种因素的影响, 如营养、激素、授粉受精等。前人分别从这些方面对坐果进行了许多的研究, 而且大多数研究都集中于授粉受精的生理作用以及胚和胚乳发育的作用。一般认为, 坐果的实质是激素的调控<sup>[1, 2]</sup>, 并应用生长调节剂调控苹果的坐果<sup>[3- 9]</sup>。

研究表明, 秋季果树花芽质量与次年坐果有密切关系<sup>[10]</sup>, 夏末施氮可以促进花芽的继续

收稿日期: 1999-06-10

农业部九·五重点课题资助项目(垦 05-01)

黄卫东, 北京圆明园西路 2 号中国农业大学(西校区), 100094

发育,提高花芽质量<sup>[11]</sup>。但是,花芽发育质量对坐果的影响及作用机理研究尚少。本试验以苹果为试材,研究了短枝叶片数量对坐果的影响以及其在晚秋内源激素动态变化以及秋季喷施生长调节物质对不同叶片数量成花短果枝次年坐果的调控作用。

## 1 材料和方法

试验于1995~1996年在北京市顺义县张镇小曹各庄果园、南彩镇前俸伯果园进行。试材为14年生‘长富2’、11年生‘秋富1’(*M. alus domestica*)和6年生‘嘎拉’苹果,砧木均为八楞海棠(*M. micromalus*),株行距为3 m × 5 m,土壤为壤土,有机质含量1%~1.2%,株产45~56 kg。试验选取生长结果较为一致的植株,以干周和产量之比进行区组控制,每处理3个重复。

### 1.1 短果枝叶片数量对花芽形成质量和次年坐果的影响

苹果短果枝成花至少需要4片叶<sup>[12]</sup>。因此,本试验于秋季将基部主枝中部成花短果枝(1.5 ± 0.5) cm,每一品种按其上叶片数量分为4片、5~6及7片以上(含7片)3组,每组重复至少20个成花短果枝,挂牌后于次年花序伸长期和花后2周分别调查每花序花朵数和花朵坐果率(以此表示花芽形成质量<sup>[5,12]</sup>)。

### 1.2 秋季成花短果枝顶芽中内源激素变化动态测定

试材为14年生‘长富2’苹果。于1996-10-06~11-03每隔7 d在前俸伯果园取1次样,测定成花短果枝顶芽中内源激素含量。将成花短果枝按其上叶片4片、5~6片分为2类(7片以上叶短果枝数量少而未取),每重复10个芽以上,带木质部取下后放入冰壶中带回实验室,剥去芽外部鳞片,切下约2 mm长的顶端,每重复精确取0.200 0~0.300 0 g,加入4.0 mL 80%冰甲醇,在0~4 ℃下研磨,浸提6 h以上,然后在离心机上4 500 r·min<sup>-1</sup>离心,残渣中再加1.0 mL 80%冰甲醇洗涤,提取2 h,离心后合并上清液,过C<sub>18</sub>预处理小柱,然后定容待分析<sup>[13]</sup>。

采用高效液相色谱法,用外标定量法测定GA<sub>s</sub>、IAA、ZR、ABA含量,色谱条件为Zorbax ×RX-C<sub>18</sub>(0.4 cm × 25 cm)柱。流动相:20% CH<sub>3</sub>OH,25% CH<sub>3</sub>CN,55% H<sub>2</sub>O,0.1 mol/L H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>,调pH 3.0。流速:0.7 mL·min<sup>-1</sup>。检测器为UV 254 nm × 0.01 AU FS。测定样品的同时进行回收率测定,回收率均达90%以上。

### 1.3 秋季喷施生长调节物质试验

试验于1995-09-27在顺义县张镇小曹各庄果园进行喷施生长调节物质调控苹果不同质量花芽次年坐果率的试验。浓度采取一般该药剂起作用的较佳浓度<sup>[4,14,15]</sup>。全株喷施处理后选取基部主枝中部(1.5 ± 0.5) cm成花短果枝,按其叶片数分为4、5~6及7片叶以上(含7片)3类进行挂牌,次年开花后2周调查花朵坐果率。试验处理为(mg·L<sup>-1</sup>):水杨酸 160,6-BA 100,乙烯利 200,多效唑 500,谷氨酸 100和对照(清水)。

## 2 结果与分析

### 2.1 短果枝叶片数量对苹果花芽形成质量和次年坐果的影响

2年的结果表明,短果枝叶片数量明显地影响苹果花芽形成的质量和次年坐果率(图1,2)。2种红富士苹果‘秋富1’和‘长富2’表现相同的趋势。具5~6片和7片以上叶短果枝的次

年花序花朵数和花朵坐果率均明显高于具4片叶短果枝,花序花朵数均达5朵或以上,花朵坐果率提高58%~59%(秋富1)和32%~37%(长富2),而5~6片叶和7片以上叶之间均无明显差异。‘嘎拉’苹果也表现相似的规律,具5~6片叶成花短果枝次年花序花朵数和坐果率分别比具4片叶短果枝高0.6朵和85%;而且,具7片以上叶成花短果枝花序花朵数和坐果率也明显高于具5~6片叶短果枝(分别提高0.6朵和20%)。

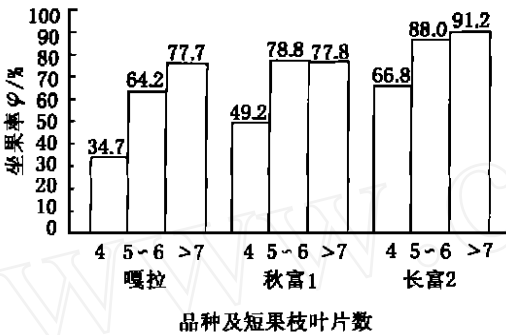


图1 短果枝叶片数量对苹果次年坐果的影响

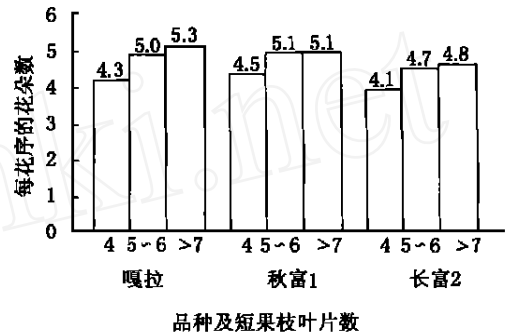


图2 短果枝叶片数量对苹果花芽形成质量的影响

花蕾期花序花朵数不同,坐果率明显不同,5朵花的花序坐果率明显高于4朵花的花序<sup>[5]</sup>。本试验也表明,短果枝叶片数不同,次年花序的花朵数也不同,而且短果枝叶片数越多,次年花序花朵数、坐果率也越多。

## 2.2 晚秋苹果成花短果枝叶片数量对其顶芽中内源激素的影响

图3表明晚秋苹果具5~6片叶和4片叶的成花短果枝顶芽内源激素动态变化。

ZR 晚秋苹果2类短果枝顶芽内的ZR变化不大,无明显差异。

IAA 红富士苹果2类短果枝顶芽内的IAA含量在晚秋一直持续增加,而且具5~6片叶短果枝一直高于具4片叶短果枝。

ABA 从10-13开始,具5~6片叶短果枝顶芽内ABA含量明显增加,并于10-20形成一高峰,而具4片叶短果枝ABA含量增加缓慢,虽然在10-20也有一峰值,但明显低于具5~6片叶短果枝。

GA<sub>s</sub> 与IAA、ABA含量变化相反,具4片叶短果枝顶芽内GA<sub>s</sub>含量一直高于具5~6片叶短果枝。

GA<sub>s</sub>/ABA 试验测定了2类成花短果枝顶芽内GA<sub>s</sub>/ABA比值之变化。结果表明,2类短果枝顶芽内GA<sub>s</sub>/ABA均在ABA达到高峰时的10-20达到低谷。在整个测定期内,具5~6片叶短果枝GA<sub>s</sub>/ABA始终低于具4片叶短果枝。

## 2.3 秋季喷施生长调节物质对苹果不同质量花芽次年坐果率的影响

对花芽质量较差的具4片叶成花短果枝,秋季叶面喷施赤霉素生物合成抑制剂多效唑,营养物质谷氨酸均可明显提高次年坐果率,而且这种效应与短果枝叶片数量的影响并不相同,因为它们并不增加次年花序花朵数目(数据未列出)。水杨酸、乙烯利和6-BA则与对照无明显差异。对具5~6片叶成花短果枝而言,除多效唑、谷氨酸具有增加次年坐果率的趋势外,各处理均与对照无明显差异。而对具7片以上叶成花短果枝,喷施水杨酸、6-BA和多效唑都可明显增

次年坐果率, 喷施谷氨酸和乙烯利虽然与对照差异不显著, 但是也有增加的趋势。

### 3 讨论

#### 3.1 花芽发育质量与坐果的关系

Faust (1989) 指出, 良好坐果的首要条件就是头年秋季要形成饱满的花芽。本试验从短果枝叶片数的多少对花芽发育质量和次年坐果的影响进一步证实了这一点。

本试验发现, 成花短果枝叶片数量影响花芽发育的质量和次年坐果率。有试验也表明果树提早落叶会显著降低坐果<sup>[10]</sup>, 叶片的缺乏或不足, 会导致碳水化合物贮藏量缺乏, 影响胚珠活力<sup>[16]</sup>, 也影响贮藏氮素的含量<sup>[17]</sup>。因此秋季施用营养物质如谷氨酸(表 1)、氮素<sup>[17, 18]</sup>可以明显提高花芽质量和次年坐果率。

成花短果枝叶片数量不同, 不仅影响营养供应, 也影响芽内激素含量。本试验表明, 与具 4 片叶短果枝相比, 具 5~6 片叶短果枝顶芽内具有较高的 IAA, ABA 含量和较低 GA<sub>s</sub> 含量和 GA<sub>s</sub>/ABA 比值, 秋季喷施 GA 生物合成抑制剂多效唑<sup>[20]</sup>可以明显提高具 4 片叶成花短果枝次年坐果率, 说明秋季短果枝较低的 GA<sub>s</sub> 含量和 GA<sub>s</sub>/ABA 比值有利于花芽的继续发育。

#### 3.2 花芽质量的调控及对次年坐果的影响

本试验表明, 虽然秋季喷施一些生长调节物质并不能增加次年每花序花朵的数量(数据未列出), 但可以提高次年的坐果率, 其中以 500 mg·L<sup>-1</sup>多效唑和 100 mg·L<sup>-1</sup>谷氨酸效果最好。秋季施用多效唑可以提高坐果已有报告, 而且与它延长了有效授粉期有关<sup>[3]</sup>。花期喷施谷氨酸钠钾复合制剂可以明显提高坐果率<sup>[4]</sup>。测定结果表明, 苹果、桃冬季花芽内氨基酸含量最多的是谷氨酸, 而且氨基酸含量对花芽越冬起作用<sup>[20]</sup>。谷氨酸是多种氨基酸合成的前体, 这可能是树体秋季补充谷氨酸能提高次年坐果的主要原因。本试验也表明它对发育质量较差的花芽效果最好。

水杨酸提高 7 片叶以上的成花短果枝次年坐果率尚无前人报告。水杨酸可以促进植物的交替呼吸途径<sup>[14]</sup>, 在冷凉温度下它所产生的能量对果树花芽秋季发育有显著的促进作用<sup>[11, 21]</sup>。这可能是水杨酸含量高可以提高次年坐果的原因, 尚需进一步探讨。

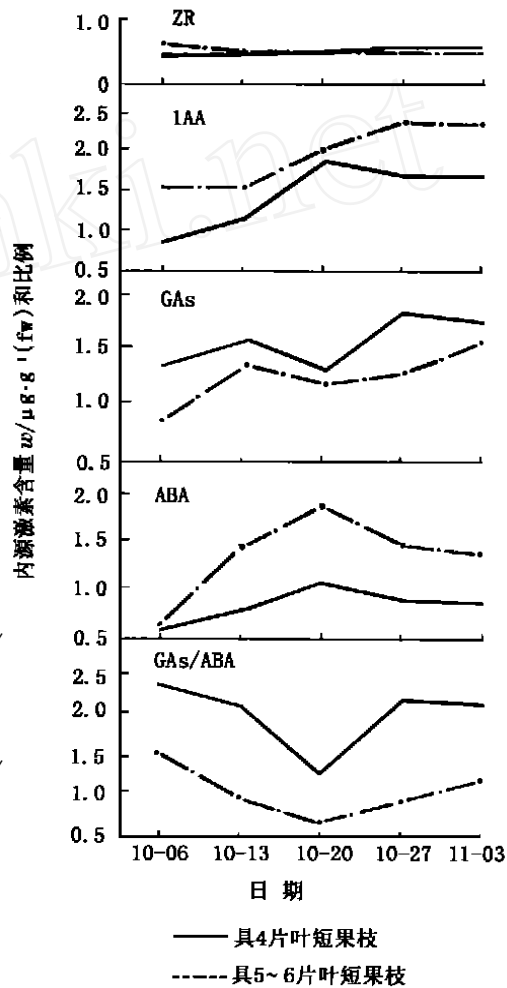


图 3 晚秋苹果成花短果枝叶片数量与顶芽内源激素的关系

表1 秋季喷施生长调节物质对红富士苹果不同质量花芽次年坐果率的影响

1995-09-27

处理药剂	用量 $\rho/mg \cdot L^{-1}$	成花短果枝叶片数量		
		4	5~6	>7
水杨酸	160	56.1 bc	82.1 ab	90.2 a
6-BA	100	64.5 ab	83.8 ab	89.9 a
乙烯利	200	50.0 c	74.5 b	85.5 ab
多效唑	500	72.9 a	88.3 a	98.6 a
谷氨酸	100	70.0 a	86.4 ab	87.9 ab
对照(CK)	0	55.8 bc	83.0 ab	80.0 b

## 参 考 文 献

- 1 黄辉白 坐果与果实发育成熟 见:曾骧主编 果树生理学 北京:北京农业大学出版社,1992,162~201
- 2 黄卫东,原永兵,彭宜本 温带果树结实生理 北京:北京农业大学出版社,1994
- 3 黄卫东,沈隽,孙文彬,等 土施多效唑对富士和国光苹果树生长结果的影响 中国农业科学,1993,26(3):56~62
- 4 黄卫东,韩振海,刘肃,等 几种植物生长调节剂对苹果开花结果的影响 中国农业大学学报,1996,1(3):81~86
- 5 张晓明,黄卫东,韩振海 苹果坐果机理的探讨 植物生理学报,1998,24(4):361~366
- 6 Dennis F G Jr. Factors affecting yield in apple, with emphasis on 'Delicious.' Hort Rev, 1979, (1): 395~422
- 7 Dennis F G Jr, Archbold D D, Vecino C O. Effects of inhibitors of ethylene synthesis or action, GA<sub>4+7</sub>, and benzyladenine on fruit set of apple, sour cherry, and plum. J Amer Soc Hort Sci, 1983, 108: 570~573
- 8 Greene D W. Effect of silver nitrate, aminooxyvinylglycine, and GA<sub>4+7</sub> plus 6-Benzylaminopurine on fruit set and development of 'Delicious' apples J Amer Soc Hort Sci, 1980, 55: 275~277
- 9 Williams M W. Retention of fruit firmness and increase on vegetative growth and fruit set of apples with Aminooxyvinylglycine (AVG). HortScience, 1980, 15(1): 76~77
- 10 Faust M. Physiology of temperate zone fruit trees John Wiley and Sons: New York. 1989
- 11 Williams R R. The effects of summer nitrogen applications on the quality of apple blossom. J Hort Sci, 1965, 40: 31~61
- 12 曾骧,孟昭清,傅玉湖,等 金冠苹果花芽分化期中性氨基酸变化初探 园艺学报,1987,14(4):23~27
- 13 李天红,黄卫东,孟昭清 苹果花芽孕育机理的探讨 植物生理学报,1996,23(3):251~257
- 14 原永兵,曹宗巽 水杨酸在植物体内的作用 植物学通报,1994,11(3):1~9
- 15 Stembridge G E, Morrell G. Effect of gibberellins and 6-benzylaminopurine on the shape and fruit set of 'Delicious' apples J Amer Soc Hort Sci, 1972, 97: 464~467
- 16 Venmos S N. Carbohydrate changes in flowers, leaves, shoots and spurs of 'cox's orange pippin' apple during flowering and fruit setting periods J Hort Sci, 1995, 70(6): 889~900
- 17 曾骧,韩振海,郝中宁 果树叶片氮素贮藏和再利用规律及其对果树生长发育的影响 北京农业大学学报,1991,17(2):97~102
- 18 崔少平,邢卫兵,李光晨 晚秋叶施尿素对苹果翌年生长发育的影响 北京农业大学学报,1993,19(3):65~69
- 19 Hedden H, Graebe J E. Inhibition of gibberellin biosynthesis by paclobutrazol in cell-free homogenates of *Cucurbita maxima* endosperm and *Malus pumila* embryos J Plant. Growth Reg, 1985, 4: 111~122
- 20 李光晨,曾骧,黄卫东 冬季桃、苹果花芽中氨基酸含量的变化 北京农业大学学报,1988,14(4):441~446
- 21 Cole M E, Solomos T, Faust M. Growth and respiration of dormant and flower buds of *Pyrus communis* and *Pyrus calleryana*. J Amer Soc Hort Sci, 1992, 107(2): 226~231