

# NAA、乙烯和 6-BA 对苹果坐果和 $^{13}\text{C}$ 、 $^{15}\text{N}$ 分配利用的影响

安 欣, 丰艳广, 任饴华, 姜 翰, 姜远茂\*

(山东农业大学园艺科学与工程学院, 作物生物学国家重点实验室, 山东泰安 271018)

**摘 要:** 以 5 年生苹果烟富 3/M26/平邑甜茶为试材, 研究了萘乙酸 (NAA)、乙烯及 6-苄基腺嘌呤 (6-BA) 对坐果和  $^{13}\text{C}$ 、 $^{15}\text{N}$  利用分配的影响。结果表明: 在中心果直径 5 mm 时 (盛花后 14 d) 喷施  $10\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  NAA 和  $600\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  乙烯利的植株坐果率显著低于对照, 而喷施  $100\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  6-BA 的植株坐果率与对照差异不显著; NAA 和乙烯利处理的植株  $^{13}\text{C}$  和  $^{15}\text{N}$  分配率规律一致, 其果实  $^{13}\text{C}$  分配率分别为 1.11% 和 1.22%,  $^{15}\text{N}$  分配率分别为 0.39% 和 0.33%, 显著低于对照 (9.12% 和 7.29%), 而根系和枝  $^{13}\text{C}$  分配率和  $^{15}\text{N}$  分配率显著高于对照; NAA 和乙烯利处理的植株 Ndff 值表现规律一致, 提高了叶片、根系和枝对  $^{15}\text{N}$  的征调能力, 降低果实对  $^{15}\text{N}$  的征调能力; 与对照相比, NAA 和乙烯利处理的植株  $^{15}\text{N}$  利用率显著增加了 2.35 和 2.37 个百分点, 促进了根系、叶片和枝的生长和对氮同化物的征调能力, 6-BA 处理与对照差异不显著。

**关键词:** 苹果; NAA; 乙烯; 6-BA;  $^{13}\text{C}$ ;  $^{15}\text{N}$ ; 吸收; 分配; 利用

**中图分类号:** S 661.1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 0513-353X (2015) 03-0418-07

## Effects of NAA, Ethylene and 6-BA on Apple and Characteristics of Distribution and Utilization of $^{13}\text{C}$ and $^{15}\text{N}$

AN Xin, FENG Yan-guang, REN Yi-hua, JIANG Han, and JIANG Yuan-mao\*

(State Key Laboratory of Crop Biology, College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

**Abstract:** 5-year-old apple trees (Yanfu 3/M26/*Malus hupehensis* Rehd.) were treated with three different plant growth regulators to study the effect on fruit setting, which were  $\alpha$ -Naphthalene acetic acid (NAA,  $10\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), Ethrel ( $600\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) and 6-Benzylaminopurine (6-BA,  $100\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) respectively, and all the trees were labeled with  $^{13}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}$  to determine the characteristics of carbon and nitrogen utilization. The results showed that fruit-set rate was obviously lower than control when sprayed with  $10\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  NAA and  $600\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  Ethrel 14 days after bloom, while no significant difference was found on spraying  $100\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  6-BA treatment. The  $^{13}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}$  distribution to fruits of NAA and Ethrel treatments were 1.11%, 1.22% and 0.39%, 0.33% respectively, which were lower than control (9.12%, 7.29%), while the  $^{13}\text{C}$  allocation to roots and branches were higher than control significantly. Similar regulation can

**收稿日期:** 2014-12-24; **修回日期:** 2015-02-12

**基金项目:** 国家现代农业产业技术体系建设专项资金项目 (CARS-28); 公益性行业 (农业) 科研专项资金项目 (201103003)

\* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: ymjiang@sdau.edu.cn)

be seen on Ndff of NAA and Ethrel treatments, the treatments improved the leaves, roots and branches duty ability of  $^{15}\text{N}$ , and reduced the fruits duty ability of  $^{15}\text{N}$ . The  $^{15}\text{N}$  utilization rate was increased by 2.35% and 2.37% respectively when sprayed NAA and Ethrel compared with control, and the treatments promoted the vegetative growth and the duty ability of N photosynthate of the roots, leaves and branches, while no significant difference was found on the  $^{15}\text{N}$  utilization of 6-BA treatment.

**Key words:** apple; NAA; ethylene; 6-BA;  $^{13}\text{C}$ ;  $^{15}\text{N}$ ; absorption; distribution; utilization

果树传统的人工疏花疏果方法费工费时, 而利用植物生长调节物质调控生长结果, 从 20 世纪 70 年代以来越来越受到栽培者的重视(王学府 等, 2006)。研究表明, 苹果的生理落果主要是由于果实与新梢等营养器官争夺碳水化合物造成的, 而养分竞争与赤霉素、生长素和细胞分裂素等多种内源激素的含量有关(冉辛拓, 1999), 而且适当浓度的 NAA、乙烯利及 6-BA 均具有促进疏花疏果的作用(Irving et al., 1989; Duane & Wesley, 1990; Byers & Carbaugh, 1991), 关于其疏花疏果的机理, 由于研究角度不同, 使用的试剂不同, 得出的结论也不同。目前主要有以下几种学说: 阻碍花粉管生长学说、阻碍养分运输学说、刺激乙烯产生学说、内源激素失衡学说(孟玉平等, 2003)。迄今尚未见有关喷施植物生长调节剂对苹果坐果以及碳氮营养分配利用的报道。

本试验中利用  $^{13}\text{C}$ 、 $^{15}\text{N}$  双标记技术, 研究了在苹果中心果直径 5 mm 时期(盛花后 14 d)喷施 NAA、乙烯利及 6-BA 对苹果树产生疏果效应及对 C、N 营养分配利用的影响, 并从营养吸收分配角度解释 3 种植物生长调节剂影响坐果的机理, 为疏果提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验在山东烟台市莱山镇官庄村果园进行。试材为 5 年生苹果烟富 3/M26/平邑甜茶, 株行距为 2 m × 3 m。试验地含有机质 8.69 g · kg<sup>-1</sup>, 硝态氮 24.38 mg · kg<sup>-1</sup>, 铵态氮 56.61 mg · kg<sup>-1</sup>, 速效磷 32.63 mg · kg<sup>-1</sup>, 速效钾 210.55 mg · kg<sup>-1</sup>。

### 1.2 处理方法

选取生长势基本一致无病虫害的苹果树 20 株, 共设 4 个处理: 对照(喷同等量清水)、NAA (10 mg · L<sup>-1</sup>)、乙烯利(600 mg · L<sup>-1</sup>)和 6-BA(100 mg · L<sup>-1</sup>)处理(Duane & Wesley, 1990; Byers & Carbaugh, 1991), 各处理均 5 株, 单株重复, 重复 3 次。每处理各选取 3 株进行  $^{13}\text{C}$  和  $^{15}\text{N}$  双标记。

于 2014 年 3 月 14 日进行  $^{15}\text{N}$  标记, 方法是距中心干 40 cm 处挖深和宽均为 20 cm 左右的环状沟, 在沟内每株均匀施 10 g  $^{15}\text{N}$ -尿素(上海化工研究院, 丰度为 10.21%)、70 g 尿素、38 g 磷酸氢二铵、80 g 硫酸钾, 施肥后立即每株浇水 4 L。

于 4 月 30 日(盛花后 14 d)中心果直径 5 mm 时(Duane & Wesley, 1990)分别用背负式全自动喷雾器对全树进行各处理液的喷布, 至滴下为止。喷后调查全树花朵数, 7 d 后调查坐果数, 并对每个处理中的 3 株进行整株  $^{13}\text{C}$  标记处理。

$^{13}\text{C}$  标记于 5 月 7 日 9: 00 点开始, 用支架组装与树体大小相当的四方体, 外部包裹上塑料薄膜, 底部用土将其掩埋以保证密封性, 将烧杯(内装 5 g Ba<sup>13</sup>CO<sub>3</sub>)用硬质铁丝固定在树体上, 用注射器向装有 Ba<sup>13</sup>CO<sub>3</sub> 的烧杯中注入 1 mol · L<sup>-1</sup> HCl 溶液 100 mL。此后每隔 0.5 h 向烧杯中注入

1 次 10 mL HCl, 以维持  $^{13}\text{CO}_2$  浓度 ( $60 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  以上), 标记时间持续 4 h。同时另选远距离未受  $^{13}\text{C}$  污染的 3 株对照作为空白 ( $^{13}\text{C}$  自然丰度)。

### 1.3 取样与测定

$^{13}\text{C}$  标记 72 h 后破坏性取样, 整株分解为叶片、枝、主干、根系、果实, 分别称量各部分的鲜样质量。样品经清水、洗涤剂、清水、1%盐酸、3 次去离子水冲洗的顺序冲洗, 剪碎, 置于  $105^\circ\text{C}$  下杀青 30 min 后, 再置于  $80^\circ\text{C}$  下至恒质量, 电磨粉碎后过 100 目筛, 混匀后装袋备用。

样品的  $^{15}\text{N}$  丰度用 ZHT-03 质谱计 (北京分析仪器厂) 在中国农业科学院农产品加工研究所测定,  $^{13}\text{C}$  丰度在 DELTA V Advantage 同位素比率质谱仪中测定 (中国林业科学院稳定同位素实验室)。

自然土壤或植物 (未标记) 中的  $^{13}\text{C}$  自然丰度 ( $\delta^{13}\text{C}$ , ‰) =  $(R_{\text{样品}}/R_{\text{PDB}} - 1) \times 100$ , 式中  $R_{\text{样品}} = ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{样品}}$ ,  $R_{\text{PDB}}$  为碳同位素的标准比值 ( $R_{\text{PDB}} = ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{PDB}}$ , 为 0.0112372)。

标记植物  $^{13}\text{C}$  丰度:  $^{13}\text{C}$  (‰) =  $(\delta^{13}\text{C} + 100) \times R_{\text{PDB}} / [(\delta^{13}\text{C} + 100) \times R_{\text{PDB}} + 100] \times 100$  (何敏毅等, 2008; 尹云锋等, 2010; 李晶等, 2012)。

各器官所含的碳量:  $C_i$  (g) = 干物质量 (g)  $\times$  C%。

各器官  $^{13}\text{C}$  量:  $^{13}\text{C}_i$  (mg) =  $C_i \times (^{13}\text{C}\% - \delta^{13}\text{C}\%) \times 100$ 。

器官  $^{13}\text{C}$  量占树体净吸收  $^{13}\text{C}$  量的百分比:  $^{13}\text{C}_i$  (%) =  $^{13}\text{C}_i / ^{13}\text{C}_{\text{净吸收}} \times 100$  (Kunihisa et al., 2003; 齐鑫和王敬国, 2008)。

$\text{Ndff}$  (%) = 植物样品中  $^{15}\text{N}$  原子百分超%/肥料中  $^{15}\text{N}$  原子百分超%  $\times 100$ 。

原子百分超% = 样品中  $^{15}\text{N}$  丰度% - 自然丰度%。

从氮肥中吸收的氮量 (g) = 器官全氮量 (g)  $\times$  Ndff。

氮肥分配率 (%) = 各器官从氮肥中吸收的氮量 (g) / 总吸收氮量 (g)  $\times 100$ 。

氮肥利用率 (%) = Ndff  $\times$  器官全氮量 (g) / 施肥量 (g)  $\times 100$ 。

所有数据均采用 DPS7.05 软件进行单因素方差法分析, LSD 法进行差异显著性比较, 应用 Microsoft Excel 2003 进行图表绘制。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同植物生长调节剂对坐果的影响

由图 1 可见, 4 个处理的坐果率, 以对照和 6-BA 处理最高, 分别为 80.47% 和 75.22%; 而 NAA 和乙烯利处理显著低于对照, 分别为 40.22% 和 32.19%, 表明 NAA 和乙烯利有显著的疏果作用。这与陆金珍等 (2013) 在红富士苹果上得出的结果一致。

### 2.2 不同植物生长调节剂对 $^{13}\text{C}$ 分配率的影响

$^{13}\text{C}$  同化产物分配到各个器官的比率与其竞争能力有关。竞争能力指代谢及生长旺盛的器官从标记叶片中吸取  $^{13}\text{C}$  的能力 (齐鑫和王

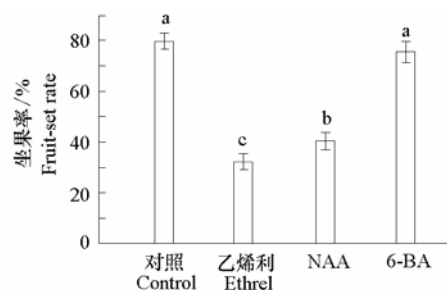


图 1 各处理的坐果率

不同小写字母表示同一时期内差异显著 ( $P < 0.05$ )。

Fig. 1 Fruit-set rate of the four treatments

Different small letters mean significant difference at 5% levels, respectively.

敬国, 2008; 尹云锋 等, 2010)。

由表 1 可见, 对照与 6-BA 处理植株各器官 <sup>13</sup>C 分配率基本一致, 表现为叶片最多, 主干次之, 根系最少。NAA 与乙烯利处理各器官 <sup>13</sup>C 分配率表现出相同的规律, 叶片最多, 枝次之, 果实最少; 根系 <sup>13</sup>C 分配率显著高于对照, 分别是对照的 3.01 倍和 2.72 倍; 果实 <sup>13</sup>C 分配率显著低于对照, 分别仅为 1.11%和 1.22%。表明, 喷施 NAA 与乙烯利能够促进 <sup>13</sup>C 同化物在根系中积累, 而减少向果实中运输, 导致果实碳同化物的营养竞争力低而出现落果。

表 1 不同植物生长调节剂对植株各器官 <sup>13</sup>C 分配率的影响  
Table 1 Effects of different plant growth regulators on <sup>13</sup>C partitioning rate %

处理 Treatment	叶片 Leaf	根系 Root	主干 Trunk	枝 Branch	果实 Fruit
对照 Control	51.92 ± 0.90 b	5.35 ± 0.38 c	19.26 ± 0.53 a	13.92 ± 0.47 b	9.12 ± 0.42 a
乙烯利 Ethrel	53.96 ± 0.93 a	14.56 ± 0.48 b	11.30 ± 0.44 b	18.57 ± 0.52 a	1.22 ± 0.28 b
萘乙酸 NAA	53.09 ± 0.87 ab	16.12 ± 0.46 a	10.08 ± 0.39 c	19.06 ± 0.49 a	1.11 ± 0.25 b
6-苄基腺嘌呤 6-BA	51.65 ± 0.90 b	5.68 ± 0.38 c	20.10 ± 0.54 a	13.43 ± 0.47 b	8.69 ± 0.41 a

注: 同列不同小写字母分别表示 4 个处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。  
Note: Data followed by different small letters in the same line mean significantly difference at 5%.

2.3 不同植物生长调节剂对各器官 Ndff 值的影响

Ndff 指植株器官从肥料中吸收分配到的 <sup>15</sup>N 量对该器官全氮量的贡献率, 反映了植株器官对肥料 <sup>15</sup>N 的吸收征调能力 (顾曼如, 1990)。由表 2 可知, 叶片、根系和枝 Ndff 值均表现为乙烯利和 NAA 处理显著高于对照和 6-BA; 而果实 Ndff 值则显著低于对照和 6-BA, 与对照比, 分别降低了 0.63%和 0.47%。表明喷施乙烯利和 NAA 能提高叶片、根系和枝对 <sup>15</sup>N 的征调能力, 降低果实对 <sup>15</sup>N 的征调能力, 从而使营养物质更多地向根系、枝干等营养器官运输, 最终导致了果实吸收氮同化物竞争力低而落果。

表 2 不同植物生长调节剂对植株各器官 Ndff 值的影响  
Table 2 Effects of different plant growth regulators on Ndff %

处理 Treatment	叶片 Leaf	根系 Root	主干 Trunk	枝 Branch	果实 Fruit
对照 Control	0.55 ± 0.02 c	0.32 ± 0.03 b	0.42 ± 0.01 a	0.38 ± 0.02 b	1.17 ± 0.17 a
乙烯利 Ethrel	0.95 ± 0.11 a	0.51 ± 0.01 a	0.43 ± 0.03 a	0.49 ± 0.01 a	0.54 ± 0.12 b
萘乙酸 NAA	0.84 ± 0.05 b	0.53 ± 0.02 a	0.41 ± 0.01 a	0.49 ± 0.02 a	0.70 ± 0.03 b
6-苄基腺嘌呤 6-BA	0.52 ± 0.02 c	0.33 ± 0.02 b	0.41 ± 0.01 a	0.38 ± 0.01 b	1.04 ± 0.07 a

注: 同列不同小写字母分别表示 4 个处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。  
Note: Data followed by different small letters in the same line mean significantly difference at 5%.

2.4 不同植物生长调节剂对 <sup>15</sup>N 分配率的影响

各器官中 <sup>15</sup>N 占全株 <sup>15</sup>N 总量的百分率反映了肥料氮在树体内的分布及在各器官迁移的规律 (顾曼如 等, 1986)。由表 3 可知, 4 处理间各器官 <sup>15</sup>N 分配率基本一致, 表现为叶片中最多, 根系次之, 果实最少。且同一器官各处理间有差异。乙烯利和 NAA 处理果实 <sup>15</sup>N 分配率显著低于对照, 分别下降了 95.5%和 94.7%, 其他器官变化幅度较小。除果实外, 6-BA 处理各器官与对照差异变化幅度较小。表明, 喷施乙烯利和 NAA, 不利于氮同化物在果实中的积累, 而增大了向其他营养器官的分配, 最终导致果实氮同化物供应不足而脱落。

表 3 不同植物生长调节剂对植株各器官 <sup>15</sup>N 分配率的影响  
Table 3 Effects of different plant growth regulators on <sup>15</sup>N Partitioning rate

处理 Treatment	叶片 Leaf	根系 Root	主干 Trunk	枝 Branch	果实 Fruit
对照 Control	42.18 ± 0.68 c	22.40 ± 1.14 c	15.18 ± 1.23 a	12.95 ± 0.94 b	7.29 ± 0.89 a
乙烯利 Ethrel	45.30 ± 0.69 b	28.23 ± 0.83 a	11.69 ± 0.77 b	14.45 ± 0.07 a	0.33 ± 0.09 c
萘乙酸 NAA	47.59 ± 0.66 a	26.00 ± 0.86 b	12.01 ± 0.42 b	14.01 ± 0.49 ab	0.39 ± 0.06 c
6-苄基腺嘌呤 6-BA	44.10 ± 0.60 b	22.81 ± 1.52 c	14.12 ± 0.53 a	13.38 ± 0.54 ab	5.59 ± 0.19 b

注：同列不同小写字母分别表示处理间差异显著（*P* < 0.05）。  
Note: Data followed by different small letters in the same line mean significantly difference at 5%.

2.5 不同植物生长调节剂对 <sup>15</sup>N 利用率的影响

由图 2 可见，NAA 处理植株整株 <sup>15</sup>N 的利用率为 5.84%，与乙烯利处理（5.86%）差异不显著；NAA 和乙烯利处理显著高于对照（2.49%）与 6-BA（3.33%）。结合表 3 中数据，可以看到 NAA 和乙烯利处理果实对 <sup>15</sup>N 征调能力和分配率降低，叶片、根系和枝等营养器官增强，且各营养器官的对 <sup>15</sup>N 征调能力显著高于果实，从而使整株植株的 <sup>15</sup>N 利用率显著升高。6-BA 处理没有显著效果。

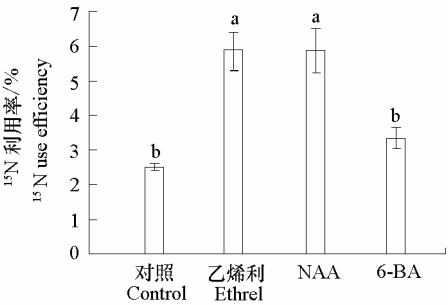


图 2 各处理 <sup>15</sup>N 利用率  
Fig. 2 <sup>15</sup>N utilization of the four treatments

3 讨论

于登杰和李桂芝（1990）研究表明，金冠苹果在盛花后 14 d 喷 20 mg · L<sup>-1</sup> NAA，对花果都有较强的疏除作用，其疏除量在 40%以上。在红富士盛花期（4 月 17 日）喷施 600 mg · L<sup>-1</sup> 乙烯利疏花效果较好，喷后 6 d 花柄开始表现萎蔫，之后发生落花现象（乔进春 等，2000）。Duane 和 Wesley（1990）发现，盛花后 14 d 喷施 6-BA 可显著降低金冠苹果的坐果率，并且提高果实品质。本试验中，喷施 10 mg · L<sup>-1</sup> NAA 和 600 mg · L<sup>-1</sup> 乙烯利的处理，坐果率仅为 40.22%和 32.19%，比对照降低了 40.25%和 48.28%，而喷施 100 mg · L<sup>-1</sup> 6-BA 疏果效果不显著。说明在试验范围内，10 mg · L<sup>-1</sup> NAA 能显著降低坐果率，而喷施 600 mg · L<sup>-1</sup> 乙烯利也表现出疏果效果，喷施 100 mg · L<sup>-1</sup> 6-BA 在试验范围内未表现出显著的疏果效果，这可能与苹果品种、药剂使用浓度、使用时间及反应时间不同有关（Greene et al., 1992）。

NAA 促进根系、叶片、枝的生长（蔺海明 等，2011），Struckmeyer 和 Robert（1950）研究表明，喷施 NAA 增加了果实与其他营养器官的碳氮化合物竞争，使果实的碳水化合物显著低于枝、叶片和根系等营养器官，最终导致疏果现象。本试验通过 <sup>13</sup>C 和 <sup>15</sup>N 双标记，证实喷施 NAA 使根系、叶片、枝的 <sup>13</sup>C 和 <sup>15</sup>N 分配率显著高于对照，乙烯利与 NAA 处理果实 <sup>13</sup>C 分配率显著低于对照，而 6-BA 处理则与对照无显著差异；6-BA、乙烯利及 NAA 处理果实 <sup>15</sup>N 分配率显著低于对照。喷施 NAA 和乙烯利后根系、叶片和枝等营养器官的 C、N 营养含量显著高于果实，并与果实产生碳水化合物的营养竞争，从而导致果实脱落（原永兵和孙文彬，1989）。

喷施植物生长调节剂不仅显著影响苹果各器官的 <sup>15</sup>N 分配率，还显著影响苹果树体 <sup>15</sup>N 利用率。苹果果实生长需要大量 C、N 营养，N 素对营养生长的作用主要有提高叶片光合速率、增加光合叶

面积、增强库活性、促进根活性等 (姜远茂, 2007)。本试验结果表明, NAA 和乙烯利处理苹果树体  $^{15}\text{N}$  的利用率显著高于对照和 6-BA 处理; 与对照相比, NAA 和乙烯利处理有利于提高  $^{15}\text{N}$  的利用率。其主要原因是, 喷施 NAA 和乙烯利后, 根系、叶片和枝等营养器官对  $^{15}\text{N}$  的征调能力提高, 营养器官吸收氮同化物后促进营养生长, 促使营养器官对氮同化物产生更激烈的竞争。

本试验结果表明, 在苹果树生理落果期, 喷施 NAA 和乙烯利, 加强了各营养器官与果实对碳氮营养的竞争而显著降低坐果率。由于本研究采用的是破坏性取样, 故对枝条和果实等器官的后期生长状况还需进一步研究。由于本试验每种植物生长调剂只是根据文献选择了一个常用浓度, 各种植物生长调节剂喷施在不同苹果品种上的适宜浓度、使用时期和反应时期也不尽相同, 所以如何使碳氮营养分配最均衡且达到适宜坐果率的植物生长调剂浓度仍有待进一步研究。

## References

- Byers R E, Carbaugh D H. 1991. Effect of chemical thinning sprays on apple fruit set. American Society for Horticultural Science, (1): 41 - 48.
- Duane W G, Wesley R A. 1990. Thinning activity of benzyladenine on several apple cultivars. J Amer Soc Hort Sci, 115 (3): 394 - 400.
- Greene D W, Autio W R, Erf J A, Mao Zhong-yuan. 1992. Mode of action of benzyladenine when used as a chemical thinner on apples. J Amer Soc Hort Sci, 117: 775 - 779.
- Gu Man-ru. 1990. The application of  $^{15}\text{N}$  in the study of nitrogen nutrition on apples. China Fruits, (2): 46 - 48. (in Chinese)
- 顾曼如. 1990.  $^{15}\text{N}$  在苹果氮素营养研究中的应用. 中国果树, (2): 46 - 48.
- Gu Man-ru, Shu Huai-rui, Zhou Hong-wei. 1986. A study on the nitrogen nutrition of apple trees IV. The characters of translocation and distribution of the reserved  $^{15}\text{N}$ . Acta Horticulturae Sinica, 13 (1): 25 - 30. (in Chinese)
- 顾曼如, 束怀瑞, 周宏伟. 1986. 苹果氮素营养研究 IV. 贮藏  $^{15}\text{N}$  的运转、分配特性. 园艺学报, 13 (1): 25 - 30.
- He Min-yi, Meng Fan-qiao, Shi Ya-juan, Wu Wen-liang. 2008. Estimating photosynthetic carbon distribution and inputs into belowground in a maize soil following  $^{13}\text{C}$  pulse-labeling. Chinese Journal of Environmental Science, 29 (2): 446 - 453. (in Chinese)
- 何敏毅, 孟凡乔, 史雅娟, 吴文良. 2008. 用  $^{13}\text{C}$  脉冲标记法研究玉米光合碳分配及其向地下的输入. 环境科学, 29 (2): 446 - 453.
- Irving D E, Pallesen J C, Drost J H. 1989. Preliminary results on chemical thinning of apple blossoms with ammonium thiosulphate, NAA and ethephon. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 17: 363 - 365.
- Jiang Yuan-mao. 2007. Northern deciduous fruit trees. Beijing: China Agricultural University Press: 78 - 84. (in Chinese)
- 姜远茂. 2007. 北方落叶果树. 北京: 中国农业大学出版社: 78 - 84.
- Kunihisa M, Shunji, Hiroshi Y, Yoshiko K. 2003. Effects of fruit load on partitioning of  $^{15}\text{N}$  and  $^{13}\text{C}$ , respiration and growth of grapevine roots at different fruit stages. Scientia Horticulturae, 97: 239 - 253.
- Li Jing, Jiang Yuan-mao, Wei Shao-chong, Zhou En-da, Chen Ru, Ge Shun-feng. 2012. Effects of continued pinching on characteristics of utilization and distribution of  $^{13}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}$  for Red Fuji/SH1/*Malus robusta* Rehd. Acta Horticulturae Sinica, 39 (10): 2238 - 2244. (in Chinese)
- 李 晶, 姜远茂, 魏绍冲, 周恩达, 陈 汝, 葛顺峰. 2012. 富士苹果秋梢连续摘心对  $^{13}\text{C}$  和  $^{15}\text{N}$  利用、分配的影响. 园艺学报, 39 (10): 2238 - 2244.
- Lin Hai-ming, Yu Ya-qiong, Qiu Dai-yu, Li Ying-dong. 2011. Effect of seedling size and exogenous hormones on bolting and yield components of *Angelica sinensis*. Guangdong Agricultural Sciences, (8): 27 - 29. (in Chinese)
- 蔺海明, 鱼亚琼, 邱黛玉, 李应东. 2011. 种苗大小和外源激素对当归抽薹及产量构成的影响. 广东农业科学, (8): 27 - 29.
- Lu Jin-zhen, Shi Zhuo-gong, He Run-xi, Shao Fu-min, Ma Yu-mei, Huang Bei. 2013. Study on the flower thinning and the embryonic mechanism of apple and red peeled pear. Northern Horticulture, (24): 100 - 106. (in Chinese)
- 陆金珍, 石卓功, 和润喜, 邵抚民, 马玉梅, 黄 贝. 2013. 苹果和红梨化学疏花疏果效应及其胚胎学机制研究. 北方园艺, (24): 100 - 106.
- Meng Yu-ping, Cao Qiu-fen, Yokota K. 2003. Effect of two flower thinners on pollination and fertilization of apple. Acta Horticulturae Sinica, 30 (4): 384 - 388. (in Chinese)

- 孟玉平, 曹秋芬, 横田清. 2003. 两种疏花剂对苹果授粉受精过程的影响. *园艺学报*, 30 (4): 384 - 388.
- Qiao Jin-chun, Zhu Mei-ling, Jiang Xiu-ying. 2000. The effect of ethephon and NAA as a flower and fruit thinning agent in Red Fuji apple. *Economic Forest Researches*, 18 (3): 28 - 37. (in Chinese)
- 乔进春, 朱梅玲, 姜秀英. 2000. 乙烯利及 NAA 对红富士疏花疏果的效应. *经济林研究*, 18 (3): 28 - 37.
- Qi Xin, Wang Jing-guo. 2008. Distribution and translocation of assimilated C pulse-labeled with  $^{13}\text{C}$  for winter wheat. *Journal of Agro-Environment Science*, 27 (6): 2524 - 2530. (in Chinese)
- 齐鑫, 王敬国. 2008. 应用  $^{13}\text{C}$  脉冲标记方法研究不同施氮量对冬小麦净光合碳分配及其向地下输入的影响. *农业环境科学学报*, 27 (6): 2524 - 2530.
- Ran Xin-tuo. 1999. Introduction to apple early physiological fruit drop. *Hebei Fruits*, (2): 17. (in Chinese)
- 冉辛拓. 1999. 浅谈苹果的早期生理落果. *河北果树*, (2): 17.
- Struckmeyer B E, Roberts R H. 1950. A possible explanation of how naphthalene acetic acid thins apples. *Proc Amer Soc Hort Sci*, 56: 76 - 78.
- Wang Xue-fu, Meng Yu-ping, Cao Qiu-fen, Zhang Yu-ping, Han Ming-yu. 2006. Advances in research on chemical thinning for apple trees. *Journal of Fruit Science*, 23 (3): 437 - 441. (in Chinese)
- 王学府, 孟玉平, 曹秋芬, 张玉萍, 韩明玉. 2006. 苹果化学疏花疏果研究进展. *果树学报*, 23 (3): 437 - 441.
- Yin Yun-feng, Yang Yu-sheng, Gao Ren, Ma Hong-liang, Lu Xi. 2010. A preliminary study on phyto-enrichment  $^{13}\text{C}$  labeling technique. *Acta Pedologica Sinica*, 47 (4): 790 - 793. (in Chinese)
- 尹云锋, 杨玉盛, 高人, 马红亮, 卢茜. 2010. 植物富  $^{13}\text{C}$  标记技术的初步研究. *土壤学报*, 47 (4): 790 - 793.
- Yu Deng-jie, Li Gui-zhi. 1990. Study on three kinds of pesticides thinning effect on 'Golden Delicious' and pear. *Hebei Fruits*, (2): 31 - 34. (in Chinese)
- 于登杰, 李桂芝. 1990. 三种农药对金冠苹果和鸭梨花果疏除效应的研究. *河北果树*, (2): 31 - 34.
- Yuan Yong-bing, Sun Wen-bin. 1989. Studies on the mechanism of fruit thinning effect of dipterex on 'Golden Delicious' apple. *Acta Horticulturae Sinica*, 16 (4): 248 - 255. (in Chinese)
- 原永兵, 孙文彬. 1989. 敌百虫对 '金冠' 苹果疏果机制的研究. *园艺学报*, 16 (4): 248 - 255.

## 消息

# 《园艺学报》英文版 《Horticultural Plant Journal》获准创刊

2014 年 11 月《园艺学报》英文版《Horticultural Plant Journal》获国家新闻出版广电总局批准创刊(新广出审[2014]1447 号), 国内统一连续出版物 CN 号为 CN10-1305/S, ISSN 号为 2095-9885, 双月刊, 大 16 开, 国内外公开发行。《Horticultural Plant Journal》由中国科协主管, 中国园艺学会、中国农业科学院蔬菜花卉研究所和中国农业科学技术出版社共同主办。办刊宗旨为报道国内外园艺科学领域重要研究成果和科研进展, 反映学科研究水平和发展动向, 以“科学性、创新性、对生产和科研发展有参考启迪作用”为标准, 突出学报特色, 服务学术交流, 为促进学科发展作贡献。

近年来, 中国园艺科学研究取得了世人瞩目的重大进展,《园艺学报》刊登了许多具有国际影响力的优秀学术论文, 2014 年 9 月中国科学技术信息研究所公布的“中国科技核心期刊综合排名”,《园艺学报》在全国 1 989 种核心期刊中居第 14 位, 并蝉联“中国精品科技期刊”和“百种中国杰出学术期刊”称号。《园艺学报》英文版的创办为广大科研人员提供了更好的国际学术交流平台, 将进一步向世界展示中国园艺科学研究成果和产业发展水平, 扩大国际影响力, 同时也将吸引国际优秀稿源, 促进国际学术交流。