

喷施 6-BA 对‘天红 2 号’苹果苗腋芽萌发及其内源激素的影响

孟 云, 马少锋, 邵建柱, 孙建设*, 马宝焜, 王红宁

(河北农业大学园艺学院, 河北保定 071001)

摘 要: 以当年春季单芽腹接‘天红 2 号’富士矮化中间砧苹果苗为试材, 对 6-BA 处理后幼苗腋芽萌发生长和萌发过程中内源激素含量的变化和平衡关系进行了研究。结果表明: 喷施 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA 水溶液后, 前期单芽质量增长缓慢, 4 d 后快速增长, 5 d 时腋芽明显膨大, 7 d 时萌发, 9 ~ 10 d 长约 1 cm, 在处理时苗木顶端以下 5 ~ 45 cm 平均萌发 15 个腋芽, 萌发株率高达 100%。6-BA 处理后腋芽内 IAA 含量初期 (大约 2 d) 明显降低, 随后开始缓慢升高, ZRs 和 GAs 含量迅速升高, 6 ~ 8 d 后二者均开始降低; 枝皮内 IAA 含量显著持续降低, ZRs 含量略有降低, 6 d 后二者均开始缓慢升高, GAs 含量变化趋势相反, 先升后降; 腋芽和枝皮内 ABA 含量均降低。6-BA 处理后打破了顶端优势, 枝皮内 IAA 降低有利于腋芽内 IAA 向主茎输出, 同期调动枝皮中 ZRs 向腋芽运输, 腋芽内 ZRs 升高, 腋芽激活萌发, 芽内开始合成大量 IAA。随着 6-BA 作用减弱, 4 种内源激素含量变化曲线大都在 6 ~ 8 d 开始回落, 同时腋芽萌发, 内源激素又开始达到新的平衡。

关键词: 苹果; 苗木; 6-BA; 腋芽; 顶端优势; 生长素运输; 内源激素

中图分类号: S 661.1

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2012) 05-0837-08

Effects of Spraying 6-BA on Axillary Bud Growth and the Dynamic Changes of Endogenous Hormones in ‘Tianhong 2’ Fuji Nursery Apple Trees

MENG Yun, MA Shao-feng, SHAO Jian-zhu, SUN Jian-she*, MA Bao-kun, and WANG Hong-ning
(College of Horticulture, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001, China)

Abstract: The effects of 6-BA on promoting axillary bud germination and growth of new shoots and the dynamic changes of endogenous hormones were studied with ‘Tianhong 2’ Fuji cultivars grafted on dwarfing inter-rootstocks in the spring of that year. The results showed that the early growth of single bud weight was slow, and rapid after 4 days treated by $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA. The axillary buds treated by 6-BA apparently expanded, germinated, and grew to 1 cm long on the fifth day, the seventh day, and the ninth to tenth day respectively. Approximate 15 buds germinated from 5 to 45 cm down the shoot tip at treatment on average, and the percent of nursery trees with germinated buds was 100%. On the one hand, IAA content decreased obviously at the initial stage of treatment (approximate 2 days) and then rised slowly,

收稿日期: 2011 - 12 - 02; 修回日期: 2012 - 04 - 24

基金项目: 现代农业产业技术体系专项 (CARS-28); 河北省林业局项目 (1117410)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: jiansheapple@163.com)

meanwhile, the content of ZRs and GAs rised rapidly, however, both the two decreased 6 to 8 days later in the bud. On the other hand, IAA content continued to reduce significantly and ZRs content decreased slightly after treatment, both the content of IAA and ZRs rised 6 days later, the trend of GAs content was oposite in the stem. Besides, ABA content decreased both in the bud and stem. Thus, spraying 6-BA could make ZRs transport to axillary bud from local stem, inhibit IAA to transport to the main stem from shoot tip, promote the IAA in the axillary bud to transport to the main stem, and then the axillary bud germinated. As the effect of 6-BA decreased, the curves of 4 hormones content began to fall back on the sixth day or the eighth day, meanwhile, hormones started to reach new balance with the germination and growth of axillary buds.

Key words: apple; nursery trees; 6-BA; axillary bud; apical dominance; auxin transport; endogenous hormones

矮砧密植是世界苹果栽培的发展方向, 欧美等国家正在建立一种全新的多分枝矮砧苹果苗生产体系, 苗木根系发达, 主干健壮, 羽状分枝多, 采用此类苗木建园, 结果早, 早期效益高(邓丰产等, 2009)。目前中国正在生产中大力推广矮砧密植栽培, 生产中迫切需要培育带分枝的优质矮化苹果大苗。

苹果树的芽为晚熟性芽, 当年生枝条在自然状态较难发枝。为促进苹果苗木发枝, 实现圃内整形, 国内外开展了许多利用植物生长调节剂促进苹果幼树发枝的试验, 主要利用 6-BA、6-BA + GA₃ 或 6-BA + GA₄₊₇ 等(Elfving, 1984, 1985; Jaumien et al., 1993; 孟昭清等, 1996; 姚春潮等, 1998; Semih & Mürüvvet, 2009; 咎燕等, 2011; 张庆伟等, 2011), 研究主要集中在使用浓度、次数、时期及发枝效果等方面, 不同试验结果存在一定差异(Han et al., 2005; Ono et al., 2005; Elfving & Visser, 2006; Jung & Lee, 2008)。

关于生长素(Auxin)抑制腋芽萌发生长的研究已经有几十年, 很长时间以来人们认为生长素是控制顶端优势的主要信号(Thimann & Skoog, 1933; Sachs & Thimann, 1967; Morris, 1977; Booker et al., 2003)。近年来关于植物分枝发育的研究主要基于在分枝形态方面有变异的突变体, 如拟南芥、豌豆、番茄、水稻和矮牵牛等, 提出了很多关于生长素和细胞分裂素(Cytokinin)影响腋芽活动性的理论假设, 主要有生长素和细胞分裂素调控彼此的生物合成、细胞分裂周期、生长素运输(运输载体和运输抑制剂)和运输通道等。尽管该方面的研究已经很多, 但是关于生长素和细胞分裂素调控腋芽萌发生长的作用机制尚未明确。关于果树分枝发育的研究, 国内外主要集中于如何使用植物生长调节剂或其它物理技术诱导腋芽萌发生长, 调控分枝部位、角度、数量和类型, 深入的理论研究尚未见报道。

本试验中在通过喷施 6-BA 能够诱导‘天红 2 号’苹果苗腋芽萌发和生长的基础上, 研究了腋芽萌发过程中腋芽和枝皮内各种内源激素的动态变化和平衡关系, 以期为深入研究植物激素调控果树腋芽萌发生长的机理奠定基础。

1 材料与方法

试验在河北农业大学矮化中间砧苹果苗木繁育基地进行。以当年春季单芽腹接富士矮化中间砧苹果苗为试材, 品种为红富士短枝型芽变‘天红 2 号’, 基砧为八棱海棠, 中间砧为 SH40。

2007 年冬季播种八棱海棠种子, 2008 年 7 月断根, 2009 年春季于实生砧距地面 5 cm 处单芽腹接中间砧, 2010 年春季于矮化砧 30 cm 处单芽腹接‘天红 2 号’。另一批苗为 2008 年冬季播种, 2011

年春季单芽腹接‘天红 2 号’。

苗木繁育圃南北行向，株距 25 cm，行距 50 cm，苗木长势一致。试验地为沙壤土，质地均匀，有灌溉条件，苗圃常规管理。

2010 年 7 月 24 日和 2011 年 6 月 1 日，分别以 2010 年和 2011 年春季单芽腹接‘天红 2 号’苹果苗为试材，喷施不同浓度 6-BA 水溶液诱导苹果苗腋芽萌发生长。处理前调查苗高和基径，处理后记录萌芽时间、部位和萌芽数。冬季落叶后，统一测量各处理的苗高、基径、分枝数、分枝长度、分枝基部粗度及其着生部位中心主枝粗度，计算枝干比与各枝类数。

根据上述试验结果，喷施 $300\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA 水溶液发枝效果最好。因此，2011 年 6 月 15 日优选 $300\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA 水溶液，以 2011 年春季单芽腹接‘天红 2 号’苹果苗为试材，在距中间砧 30 cm 以上部位均匀喷施，对照喷施等量清水。每处理设 9 个小区，随机排列，每小区 50 株苗，两个处理共 900 株。处理前分别在距苗木顶端以下 10、20、30 和 40 cm 处涂漆标记。分别于处理前及处理后 2、4、6、8 和 10 d 在每个小区随机选 3 株苗，于 40 cm 标记处剪断，将剪下的新梢插入水中带回实验室。

内源激素的提取和测定参照李宗霆和周燮（1996）的酶联免疫法（ELISA），分别称取 0.2 g 各时期新梢 20 ~ 30 cm 标记处的腋芽和枝皮，同时记录腋芽数，液氮速冻后研磨，加 2 mL 样品提取液（80%冷甲醇），转入 10 mL 试管，4 °C 下提取 4 h，1 000 g 离心 15 min，取上清液。沉淀中加 0.5 mL 提取液，搅匀，置 4 °C 下再提取 1 h 后离心，合并上清液并记录体积，残渣弃去，在中国农业大学农学院生物技术实验室测定。

试验数据用 Excel 处理和 DPS 7.05 版软件进行 *t* 测验。

2 结果与分析

2.1 6-BA 对苹果苗腋芽萌发和生长的影响

从图 1 可以看出，喷施 6-BA 后 10 d 内单芽质量变化表现为，前期增长缓慢，4 d 后快速增长，8 d 后增长变缓。4 ~ 8 d 为腋芽膨大至萌发阶段，5 d 时腋芽明显膨大，7 d 萌发，9 ~ 10 d 长约 1 cm，在处理苗木顶端以下 5 ~ 45 cm，平均萌发 15 个腋芽，450 株苗萌发率 100%。从处理到萌发，单芽质量增加了约 38.82 mg。而对照腋芽质量没有明显变化，也未萌发。

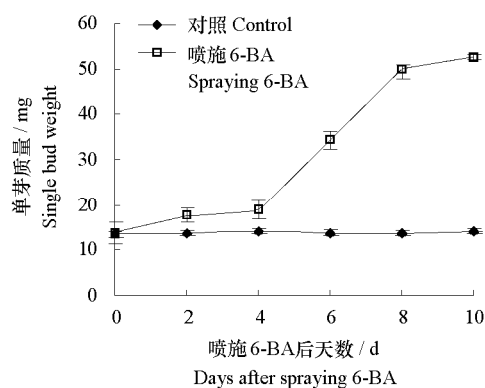


图 1 喷施 6-BA 后‘天红 2 号’苹果苗腋芽萌发过程中单芽质量变化
Fig. 1 Changes of single axillary bud weight of ‘Tianhong 2’ nursery apple trees treated by 6-BA

2.2 腋芽萌发过程中内源激素含量的动态变化

2.2.1 腋芽内激素含量的变化

由图 2 可见, 喷施 6-BA 后腋芽内 IAA 含量在萌发前一直低于对照。处理后 2 d 腋芽内 IAA 含量大约降低 $5 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$, 随后逐渐升高, 6 d 时含量达最高值 $128.97 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$, 此时腋芽萌发, 8 ~ 10 d 始终维持在 $126.34 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ 左右, 此时萌发的腋芽开始生长, 长度约 1 cm。对照腋芽内 IAA 含量持续升高, 6 d 时由处理前 $118.24 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ 升高到 $152.52 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$, 随后开始下降, 10 d 时降低到 $109.47 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ 。

喷施 6-BA 后 8 d 内腋芽内 ZRs 含量迅速增加, 而后趋于平稳, 而对照腋芽内 ZRs 含量缓慢下降。整个测定期内, 喷施 6-BA 处理的腋芽内 ZRs 含量一直高于对照。

腋芽内 GAs 含量无论对照还是处理均表现为先升高后下降的变化规律, 但是 6-BA 处理的腋芽内 GAs 含量增加持续时间长, 且在处理后 4 ~ 6 d 显著高于对照。

喷施 6-BA 2 d 后腋芽内 ABA 含量开始迅速降低, 10 d 时由处理前 $87.94 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ 降低到 $46.43 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ 。对照腋芽内 ABA 含量, 处理后 6 d 内基本没变化, 6 d 后升高 (图 2)。

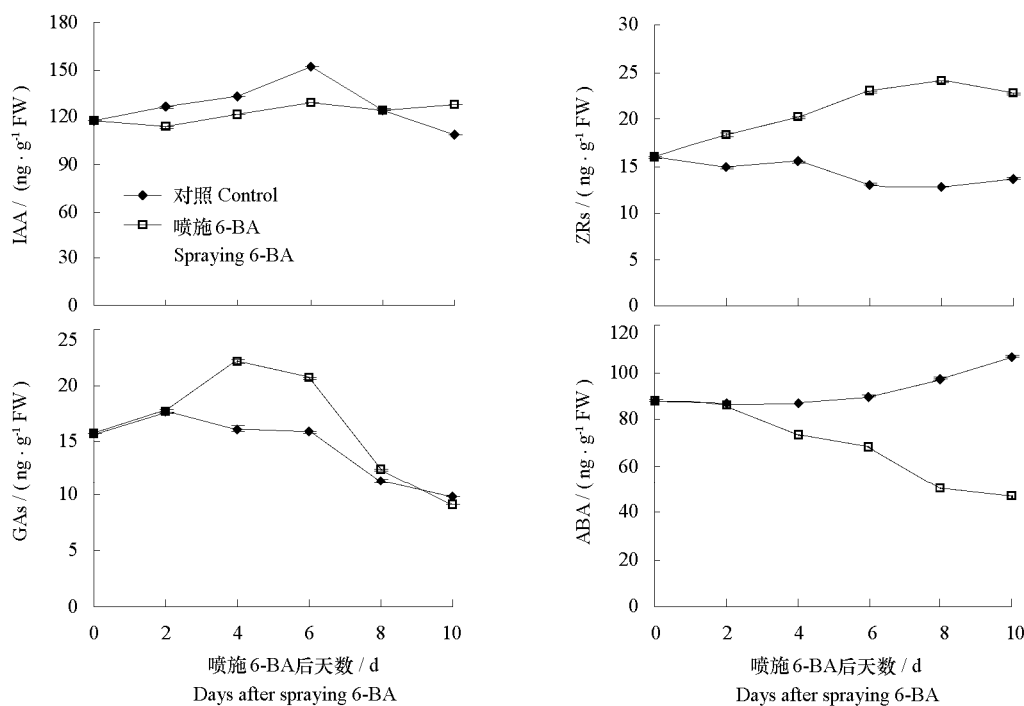


图 2 喷施 6-BA 后‘天红 2 号’苹果苗腋芽萌发过程中内源激素含量变化

Fig. 2 Changes of endogenous hormones in axillary buds of ‘Tianhong 2’ nursery apple trees treated by 6-BA

2.2.2 枝皮内激素含量的变化

由图 3 可见, 与对照相比, 枝皮内 IAA 含量, 处理后 6 d 内明显降低, 由处理前 $80.31 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ 降低到 $46.36 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$, 而后开始逐渐升高, 到 10 d 时升高到 $73.49 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ 。而对照枝皮内 IAA 含量呈现平稳上升趋势。整个观测期内, 处理枝皮内 IAA 含量始终低于对照。

枝皮内 ZRs 含量变化曲线与 IAA 相近。处理后 6 d 内 ZRs 含量缓慢下降, 而后升高, 10 d 时处理与对照枝皮内 ZRs 含量接近。而对照枝皮内 ZRs 含量呈现平稳升高的趋势。

处理与对照的 GAs 含量变化趋势一致, 均表现为 4 d 内迅速升高, 而后迅速下降, 8 d 后下降变缓。但在整个观测期内, 喷施 6-BA 处理的枝皮内 GAs 含量始终高于对照。

处理与对照枝皮内 ABA 含量在整个观测期内均呈平稳上升趋势, 但喷施 6-BA 处理的始终低于对照。并且喷施 6-BA 处理的枝皮内 ABA 含量增幅小于对照。

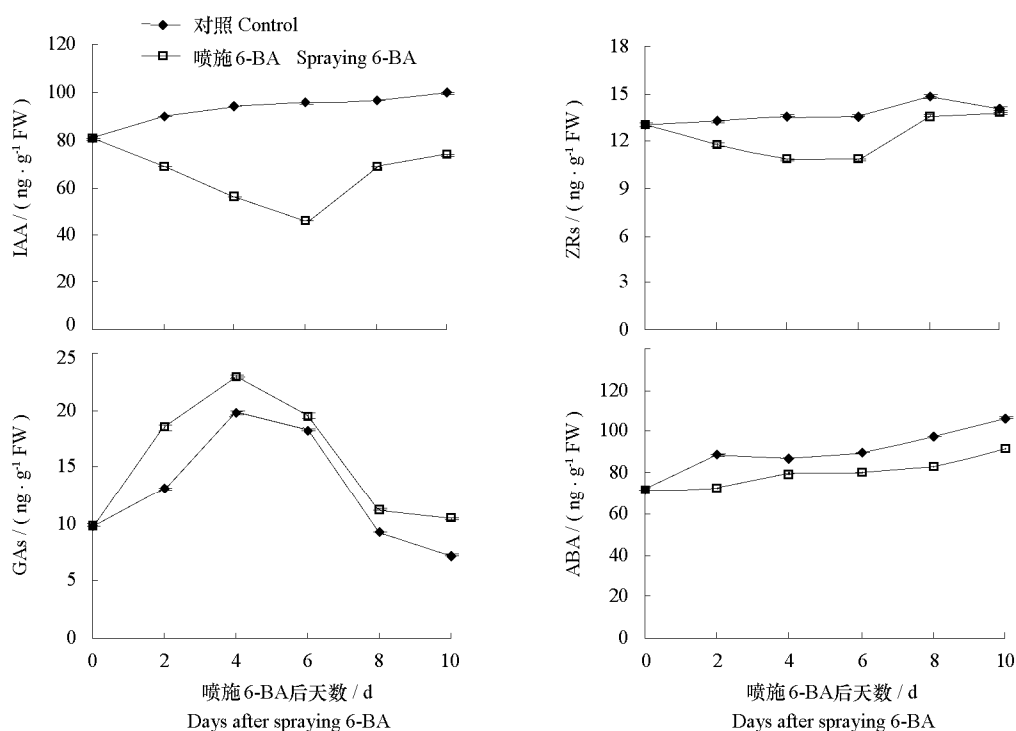


图 3 喷施 6-BA 后‘天红 2 号’苹果苗枝皮中内源激素含量变化

Fig. 3 Changes of endogenous hormones in the stem of 'Tianhong 2' nursery apple trees treated by 6-BA

2.3 腋芽萌发过程中 (IAA + ZRs + GAs) / ABA 比值的变化

由图 4 可见, 腋芽萌发过程中, 处理芽内 (IAA + ZRs + GAs) / ABA 比值比对照明显增大, 说明 6-BA 可以诱导腋芽内促进生长型的激素含量升高, 激活腋芽萌发。处理后 6 d 内, 由于新梢韧皮部中 IAA 含量显著减少, 枝皮中 (IAA + ZRs + GAs) / ABA 比值比对照减小, 6 d 后随着 IAA 含量逐

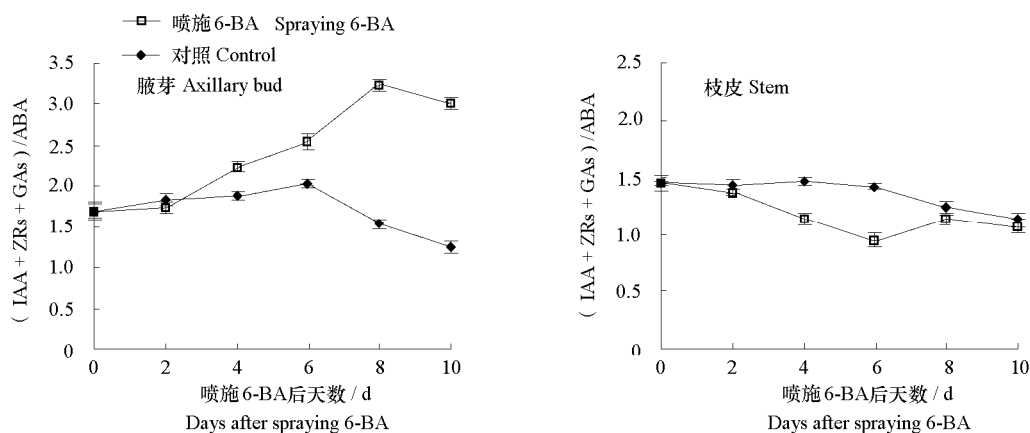


图 4 腋芽和枝皮中 (IAA + ZRs + GAs) / ABA 比值变化

Fig. 4 Changes of (IAA + ZRs + GAs) / ABA

渐升高, 比值开始缓慢增大, 与腋芽开始萌发生长向主茎输出 IAA, 6-BA 作用减弱, 顶端优势开始恢复, 新梢顶端输出 IAA 增多一致。

3 讨论

本试验结果表明, 喷施外源细胞分裂素能够打破顶端优势, 促进‘天红 2 号’苹果苗腋芽萌发生长, 与前人研究结果一致 (Elfving, 1984; Jaumien et al., 1993; Ono et al., 2005; Elfving & Visser, 2006; Semih & Mürüvvet, 2009; 咎燕 等, 2011; 张庆伟 等, 2011), 并且合适的浓度、剂量和喷施时期可以使苹果苗顶端以下 5 ~ 45 cm 的腋芽平均萌发 15 个, 萌发株率高达 100%, 处理前期单芽质量增长缓慢, 而后快速增长, 5 d 时腋芽明显膨大, 7 d 萌发, 9 ~ 10 d 长约 1 cm。

大量试验表明, 在 *Pisum sativum* (豌豆属) 中, 生长素可以负调控细胞分裂素的生物合成 (Nordstrom et al., 2004; Tanaka et al., 2006), 控制局部茎上的节合成 iP-type CKs (异戊烯基腺嘌呤类型的细胞分裂素) 和根中合成的 tZ-type CKs (反玉米素类型的细胞分裂素) 向腋芽运输 (Beveridge et al., 1997; Faiss et al., 1997; Corbesier et al., 2003; Matsumoto-Kitano et al., 2008)。去顶后, 局部主茎中生长素大量减少, 节内开始大量合成细胞分裂素然后运输到腋芽, 同时腋芽内生长素向主茎输出, 腋芽萌发生长 (Emery et al., 1998; Tanaka et al., 2006)。本试验结果, 喷施 6-BA 后 ZRs 在腋芽内显著升高, 枝皮内略有降低, 表明 6-BA 打破顶端优势, 调动内源 ZRs 从主茎向腋芽运输, 同时枝皮内 IAA 含量降低, 致使连接腋芽与主茎的生长素运输通道压差减小, 腋芽内 IAA 向主茎输出, 印证了只有腋芽内生长素向主茎输出才能萌发生长的假说 (Morris, 1977; Sorefan et al., 2003; Bennett et al., 2006; Prusinkiewicz et al., 2009; Balla et al., 2011)。处理后 2 ~ 6 d, 腋芽内 IAA 含量开始逐渐升高, 与“一旦芽体开始萌发生长, 活跃的茎顶端分生组织就会合成大量生长素” (Gocal et al., 1991) 一致, 枝皮中 IAA 含量持续降低, 利于腋芽内 IAA 向主茎输出, IAA 边在萌发的腋芽合成边向主茎输出, 所以腋芽内 IAA 含量升高缓慢。腋芽萌发过程中, 芽内 ABA 含量显著降低, 可以抑制腋芽休眠, GAs 含量在 6-BA 处理 4 ~ 6 d 时显著升高, 能够促进腋芽细胞伸长生长, 同时枝皮中 GAs 含量也显著升高, 可以促进苹果苗增高生长。4 种内源激素含量变化曲线大都在 6 ~ 8 d 开始回落, 与 6-BA 作用减弱有关, 同时随着腋芽萌发, 腋芽和枝皮内各种内源激素又开始达到新的平衡关系。

Faiss 等 (1997) 以番茄为试材研究表明, 在茎上节处合成的 iP-type CKs 在促进腋芽萌发和侧枝生长方面起着重要作用, 在根系中合成的 tZ-type CKs, 通常在顶端优势的影响下很难运输到地上部, 只有在某些情况下才能运输到地上部起作用。在鹰嘴豆中, 去除茎顶端后, 腋芽中来自根系合成的细胞分裂素开始积累增多 (Mader et al., 2003)。目前, 关于根系中合成的细胞分裂素与侧枝发育的关联还存在争议, tZ 和 iP 类型的细胞分裂素行为上的区别在生理上的重要性尚不清楚, iP 类型细胞分裂素如进一步氧化, 就能形成 tZ 类型。本试验中测定的是 ZRs (tZ 类型), 关于不同类型细胞分裂素在调控苹果苗腋芽萌发生长中的具体作用, 需要以后进行深入研究。本试验中只测定了腋芽萌发过程中腋芽和枝皮内各种内源激素的含量变化, 有关外源激素如何影响内源激素有待进一步研究。

References

- Balla J, Kalousek P, Reinohl V, Friml J, Prochazka S. 2011. Competitive canalization of PIN-dependent auxin flow from axillary buds controls pea bud out growth. *The Plant Journal*, 65: 571 - 577.
- Bennett T, Sieberer T, Willett B, Booker J, Luschnig C, Leyser O. 2006. The *Arabidopsis* MAX pathway controls shoot branching by regulating auxin

- transport. *Current Biology*, 16: 553 – 563.
- Beveridge C A, Murfet I C, Kerhoas L, Sotta B, Miginiac E, Rameau C. 1997. The shoot controls zeatin riboside export from pea roots. Evidence from the branching mutant *rms4*. *The Plant Journal*, 11: 339 – 345.
- Booker J, Chatfield S, Leyser O. 2003. Auxin acts in xylem-associated or medullary cells to mediate apical dominance. *Plant Cell*, 15: 495 – 507.
- Corbesier L, Prinsen E, Jacqumard A, Lejeune P, Onckelen H V, Périlleux C, Bernier G. 2003. Cytokinin levels in leaves, leaf exudate and shoot apical meristem of *Arabidopsis thaliana* during floral transition. *Journal of Experimental Botany*, 54: 2511 – 2517.
- Deng Feng-chan, Ma Feng-wang, Shu Huai-rui. 2009. Novel apple production system in USA. *Journal of Northwest Forestry University*, 24 (4): 114 – 117. (in Chinese)
- 邓丰产, 马锋旺, 束怀瑞. 2009. 美国苹果生产新体系. *西北林学院学报*, 24 (4): 114 – 117.
- Elfving D C. 1984. Factors affecting apple tree response to chemical branch-induction treatment. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 109: 476 – 481.
- Elfving D C. 1985. Comparison of cytokinin and apical dominance inhibiting growth regulators for lateral branch induction in nursery and orchard apple trees. *Journal of Horticultural Science*, 4: 447 – 454.
- Elfving D C, Visser D B. 2006. Timing cyclanilide and cytokinin applications in the nursery to obtain desired lateral branch height in apple and sweet cherry trees. *HortScience*, 41 (5): 1238 – 1242.
- Emery R J N, Longnecker N E, Atkins C A. 1998. Branch development in *Lupinus angustifolius* L. II. Relationship with endogenous ABA, IAA and cytokinins in axillary and main stem buds. *Journal of Experimental Botany*, 49: 555 – 562.
- Faiss M, Zalubilova J, Strnad M, Schmulling T. 1997. Conditional transgenic expression of the *ipt* gene indicates a function for cytokinins in paracrine signaling in whole tobacco plants. *The Plant Journal*, 12: 401 – 415.
- Gocal G F W, Pharis R P, Yeung E C, Pearce D. 1991. Changes after decapitation in concentrations of indole-3-acetic acid and abscisic acid in the larger axillary bud of *Phaseolus vulgaris* L. cv. Tender Green. *Plant Physiology*, 95: 344 – 350.
- Han S, Yoon T, Lee J B. 2005. Branch induction in ‘Fuji’ apple nursery trees as affected by the time and frequency of application of plant growth regulators. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 1: 44 – 48.
- Jaumien F, Czarnecki B, Mitrut T, Poiedzialek W. 1993. Very similar effects of a mixture of GA₃ and BA (6-benzylaminopurine) and of GA₄₊₇ and BA on branching of some apple cultivars in nursery. *Acta Horticulturae*, 329: 35 – 42.
- Jung H, Lee J. 2008. Physical treatments influencing lateral shoot development in one-year-old ‘Fuji’ /M.9 nursery apple trees. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 49 (5): 265 – 270.
- Li Zong-ting, Zhou Xie. 1996. Plant hormones and their immunoassays. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press: 280 – 298. (in Chinese)
- 李宗霆, 周 燮. 1996. 植物激素及其免疫检测技术. 南京: 江苏科学技术出版社: 280 – 298.
- Mader J C, Turnbull C G N, Emery R J N. 2003. Transport and metabolism of xylem cytokinins during lateral bud release in decapitated chickpea (*Cicer arietinum*) seedlings. *Physiologia Plantarum*, 117: 118 – 129.
- Matsumoto-Kitano M, Kusumoto T, Tarkowski P, Kinoshita-Tsujimura K, Václavíková K, Miyawaki K, Kakimoto T. 2008. Cytokinins are central regulators of cambial activity. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 105: 20027 – 20031.
- Meng Zhao-qing, Liu Guo-jie, Li Jian-hua, Zeng Xiang, Li Shao-hua. 1996. Effect of branching material on growth of apple seedlings and nursery training. *China Fruits*, 15 (2): 15. (in Chinese)
- 孟昭清, 刘国杰, 李建华, 曾 骧, 李绍华. 1996. 发枝素对苹果苗生长及圃内整形作用试验. *中国果树*, 15 (2): 15.
- Morris D A. 1977. Transport of exogenous auxin in 2-branched dwarf pea seedlings (*Pisum sativum* L.) – some implications for polarity and apical dominance. *Planta*, 136: 91 – 96.
- Nordstrom A, Tarkowski P, Tarkowska D, Norbaek R, Astot C, Dolezal K, Sandberg G. 2004. Auxin regulation of cytokinin biosynthesis in *Arabidopsis thaliana*: A factor of potential importance for auxin-cytokinin-regulated development. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 101: 8039 – 8044.
- Ono T, Tamai H, Maejima T, Usud A A, Koike H, Ohara H. 2005. Effects of repeated benzyladenine spraying on branch development of apple nursery trees on M. 9 rootstocks. *Horticultural Research, Japan*, 2: 165 – 170.
- Prusinkiewicz P, Crawford S, Smith R S, Ljunj K, Bennett T, Ongaro V, Leyser O. 2009. Control of bud activation by an auxin transport switch.

- Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 106: 17431 - 17436.
- Sachs T, Thimann K V. 1967. The role of auxins and cytokinins in the release of buds from dominance. *American Journal of Botany*, 54: 136 - 144.
- Semih C, Müriüvvet I. 2009. The effects of benzyladenine applications on branching of 'Mondial Gala' apple nursery trees on MM.106 in the first year growth. *Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences*, 12 (1): 66 - 70.
- Sorefan K, Booker J, Haurogne K, Goussot M, Bainbridge K, Foo E, Chatfield S, Ward S, Beveridge C, Rameau C, Leyser O. 2003. *MAX4* and *RMS1* are orthologous dioxygenase-like genes that regulate shoot branching in *Arabidopsis* and pea. *Genes and Development*, 17: 1469 - 1474.
- Tanaka M, Takei K, Ojima M, Akakibara H, Mori H. 2006. Auxin controls local cytokinin biosynthesis in the nodal stem in apical dominance. *The Plant Journal*, 45: 1028 - 1036.
- Thimann K V, Skoog F. 1933. Studies on the growth hormone of plants: III. The inhibiting action of the growth substance on bud development. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 19: 714 - 716.
- Yao Zhun-chao, Wang Xi-fang, Zhang You-ping. 1998. Effect of BA concentration in repeated application on branch development of one-year-old nursery starkrimson apple tree. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 7 (3): 75 - 77. (in Chinese)
- 姚春潮, 王西芳, 张有萍. 1998. BA 不同浓度和喷布次数对新红星一年生苗木侧枝形成的影响. *西北农业学报*, 7 (3): 75 - 77.
- Zan Yan, Xu Jin-tao, Han Ming-yu, Zhao Cai-ping, Zhang Li-xin. 2011. Influence of Promalin and different cutting back treatments on the branch character of 2-year-old apple seedlings. *Journal of Northwest A & F University: Natural Sciences Edition*, 6 (6): 185 - 189. (in Chinese)
- 咎 燕, 徐金涛, 韩明玉, 赵彩平, 张立新. 2011. 普洛马林和不同短截处理对两年生苹果苗木分枝特性的影响. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 6 (6): 185 - 189.
- Zhang Qing-wei, Song Chun-hui, Xing Li-bo, Han Ming-yu, Zhao Cai-ping, Li Gao-chao. 2011. Effects of 6-BA and GA₄₊₇ as well as other manual measures on branches formation of apple nursery stock. *Journal of Fruit Science*, 28 (6): 1071 - 1076. (in Chinese)
- 张庆伟, 宋春晖, 邢利博, 韩明玉, 赵彩萍, 李高潮. 2011. 6-BA 和 GA₄₊₇ 喷施处理及其他措施促进长富 2 号苹果幼苗分枝的效果. *果树学报*, 28 (6): 1071 - 1076.

征 订

欢迎订阅《园艺学报》

《园艺学报》是中国园艺学会和中国农业科学院蔬菜花卉研究所主办的学术期刊,创刊于 1962 年,刊载有关果树、蔬菜、观赏植物、茶及药用植物等方面的学术论文、研究报告、专题文献综述、问题与讨论、新技术新品种以及园艺研究动态与信息,适合园艺科研人员、大专院校师生及农业技术推广部门专业技术人员阅读参考。

《园艺学报》是中文核心期刊,被英国《CAB 文摘数据库》、美国 CA 化学文摘、日本 CBST 科学技术文献速报、俄罗斯 AJ 文摘杂志、CSCD 中国科学引文数据库等多家重要数据库收录。《园艺学报》荣获第三届国家期刊奖及中国科技信息所“中国精品科技期刊”、武汉大学中国科学评价研究中心“中国权威学术期刊”、中国期刊协会和中国出版科学研究所“新中国 60 年有影响力的期刊”等称号。

根据“中国学术期刊影响因子年报(2011 版)”,《园艺学报》复合总被引频次为 11 630,期刊综合总被引频次 5 317,复合影响因子 1.780,期刊综合影响因子 1.124。

《园艺学报》为月刊,每月 25 日出版。每期定价 40.00 元,全年 480.00 元。国内外公开发行,全国各地邮局办理订阅,国内邮发代号 82 - 471,国外发行由中国国际图书贸易总公司承办,代号 M448。漏订者可直接寄款至本编辑部订购。

编辑部地址:北京市海淀区中关村南大街 12 号 中国农业科学院蔬菜花卉研究所《园艺学报》编辑部;

邮政编码:100081;电话:(010) 82109523。E-mail: yuanyixuebao@126.com。网址: <http://www.ahs.ac.cn>。