

吲哚乙酸对园艺植物生长发育的影响

陈杨利¹, 周玲玲², 黄作喜³

(1. 九寨沟中学, 四川 九寨沟 623400; 2. 南京艺术学院 艺术学研究所, 江苏 南京 210037;

3. 内江师范学院“特色农业资源研究与利用”高校重点实验室, 四川 内江 641112)

摘要: 吲哚乙酸(IAA)是生长素在自然界的主要存在形式。在园艺植物中具有促进种子萌发、扦插生根和诱导花芽分化等重要生理作用。综述了 IAA 的生理作用及作用机理, 阐述了 IAA 对园艺植物种子、根、茎、株型等生长发育的影响, 以期 IAA 在园艺植物快速繁殖及优质栽培上得到更合理的应用提供一定的参考。

关键词: 吲哚乙酸(IAA); 园艺植物; 生长发育

中图分类号: S 482.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2011)12-0181-03

从温特等发现生长素以来, 植物生长调节剂被越来越广泛地应用于生产实践与理论研究。IAA 作为植物激素中生长素在自然界的主要存在形式, 在园艺植物的生长发育中起到了重要的促进作用。植物体中合成 IAA 的部位主要是叶原基、嫩叶和发育的种子, 合成后在茎和根中进行极性运输。适宜浓度的 IAA 具有促进园艺植物种子萌发、插条生根、茎干伸长、雌花分化、单性结实和坐果等生理功能。目前越来越多的科学工作者已对它在园艺植物生长发育中的作用进行了深入的研究, 通过分析内源 IAA 含量或外施 IAA 含量与园艺植物生长发育各个阶段的关系, 揭示了 IAA 的生理功能与作用机理, 并在农业生产和园艺植物栽培管理上进行了广泛的应用。

1 IAA 的生理作用与作用机理

1.1 IAA 的生理作用

IAA 对植物最明显的作用是促进细胞的生长, 使细胞的体积和重量增加。同时它对细胞的分裂和分化也有促进作用, 还具有调节生根、性别分化、果实形成、衰老、脱落和休眠等生理功能, 其中促进生长是它的主要生理作用。一是促进作用, 如促进细胞分裂, 维管束分化, 光合产物分配, 叶片扩大, 茎伸长, 乙烯产生, 叶片脱落, 不定根生成, 种子和果实生长, 雌花增加, 单性结实, 子房壁生长, 坐果, 顶端优势等; 二是抑制作用, 如抑制花朵脱落, 侧枝生长, 块茎形成, 叶片衰老等^[1]。

1.2 IAA 的作用机理

IAA 作为生长素在自然界的主要存在形式, 其促进生长的作用机理可用细胞壁酸化理论来解释。生长素与生长素结合蛋白 1(ABP1)结合, 进一步通过信号转导, 促进质子泵活化, 把质子(H^+)排到细胞壁。质子排出有 2 种假说^[2], 一是活化假说, 生长素活化质膜上原已存在的 H^+ -ATP 酶, 反应迅速; 另一种是合成假说, 生长素促进第二信使合成新的 H^+ -ATP 酶, 反应较慢。这些酶就分泌 H^+ 到细胞壁去。当细胞壁酸化后, 活化一组蛋白质叫做扩展素。它作用于细胞壁中的纤维和半纤维之间的界面, 打断细胞壁多糖之间的 H 键。多糖分子之间结构组织点破裂, 联系松弛, 膨压就推动细胞伸长, 细胞壁可塑性增强。

2 IAA 与园艺植物的营养生长

2.1 IAA 对园艺植物种子的影响

种子萌发是园艺植物生长发育的起始, 植物种子活力大小, 发芽与否, 发芽率, 发芽势等对于园艺植物的栽培及其价值的实现具有至关重要的作用。IAA 作为生长素中的一种, 对植物种子的萌发起着重要的调控作用。吴丽芳等^[3]用吲哚乙酸、萘乙酸处理白三叶种子, 发现 50 mg/L 的 IAA 处理过后, 发芽率高达 97.5%, 而对照组只有 90%, 且在有效浓度范围内 IAA 有促进提早萌发的作用, 如对照组种子 4~5 d 才能完全萌发, 而 50 mg/L IAA 处理后的种子能在 2 d 内就达到与此相同的效果。但由于 IAA 一方面易受光照氧化破坏, 另一方面易被植物体内的吲哚乙酸氧化酶降解失去作用, 因此实际生产中人们多用与其作用类似的 NAA 代替。

张福平等^[4]用 IAA 浸泡草本植物紫罗勒种子 7 h。结果表明, IAA 对紫罗勒种子的发芽势、发芽率和种子活力同样有促进作用。其中 20 mg/L IAA 的效果达最显著水平, 其发芽势、活力指数的数值分别是对照组的 4 倍、5.75 倍。

第一作者简介: 陈杨利(1983-), 女, 四川安岳人, 本科, 中教二级, 现从事生物学的教学与研究工作。

责任作者: 黄作喜(1966-), 男, 四川安岳人, 硕士, 教授, 现主要从事植物开花生理研究工作。

收稿日期: 2011-03-25

对于木本植物而言, IAA 也具有明显的促进作用。如康冰等^[5]用适宜浓度的 IAA 浸泡香椿种子, 发现当用 100 mg/L IAA 浸泡种子时, 其发芽率高达 72%, 而对照组为 41%。

许多植物种子播下后不能立即萌发, 即产生了休眠。种子休眠有 2 种类型: 一种是由于内在因素所引起的生长停止现象, 即使有适宜的发芽条件, 亦不发芽, 称为“自发”的休眠或“休止期”。另一种是由于外界环境条件如干燥、低温等引起的, 即在不适宜条件下, 表现为休眠状态, 一旦遇到适宜的环境条件即可发芽, 称为“被动”的休眠或简称休眠^[6]。用 IAA 处理后可解除由上述原因造成的休眠, 从而促进萌发。

种子从休眠到萌芽的过程中, 种子内部既有各种促进发芽的物质, 也有各种抑制发芽的物质。在一粒休眠的种子中, 其内源抑制剂的产生足以对抗生长激素的作用, 使胚的生长停顿下来。然而, 在种子萌发前的触发阶段, 抑制效应就逆转过来, 使促进剂重新活化, 这个过程包含抑制剂与促进剂相对浓度的改变^[6]。IAA 就属于促进剂中的一种。用 IAA 溶液浸泡种子也可使种子坚硬的种皮得到软化, 从而使胚萌发的阻力减小。

2.2 IAA 对园艺植物根系生长发育的影响

根系的发育是植物生长发育中不可或缺的一个重要环节, 它直接影响着植物的生存与否, 而 IAA 对生根起到了重要的调控作用。

Jarvis B C^[7]认为 IAA 在生根中起中心作用, 很多诱发生根的因子都是通过 IAA 起作用的。杨淑华等^[8]研究发现, 在钾诱导的离体黄瓜子叶的生根中子叶内源 IAA 水平显著提高。而赵仲仁等^[7]当用 IAA 的直接竞争性抑制剂 TiBA (三碘苯甲酸) 使得 IAA 的生物合成与传导受到抑制时, IAA 诱导的离体黄瓜子叶的生根现象也受到抑制。

2.2.1 IAA 诱导组培苗不定根的发生 不定根的形成是组培过程中一个非常关键的环节, 它直接影响到组培苗移栽成活率的高低, 关系到组培的成败。周晓燕^[9]分别用 IAA 和 IBA 处理马铃薯 Bora 组培苗, 其生根培养基 1/2MS+IAA 与清水对照相比效果显著。在 1.0~3.0 mg/L 浓度范围内, 生根数依次递增, 但生根时间随浓度增大明显推迟。但与 IBA 诱导相对比, IAA 诱导的幼苗偏弱, 生根粗细程度类似于对照的生根情况。显然 IAA 不是单因子生根诱导的理想激素。周索和杜丽^[10]利用不同浓度的 IAA 溶液, 分别在 MS 培养基上培养拟南芥。结果表明, IAA 促进不定根生长, 并且对主根的抑制作用随着浓度的升高而增强。此外经 IAA 处理后, 不定根出现提早。

2.2.2 IAA 对侧根发育的影响 侧根发育需要生长素^[11], 体外施加 IAA 可以促进侧根的发育, 对 IAA 丧失敏感性的突变体, 表现出侧根数目的减少, 而内源 IAA 水平升高的突变体或转基因植株则表现侧根数目的增加。体外施加 IAA 极性运输抑制剂可以抑制侧

根的形成, 以及极性运输突变体不能形成侧根的表现, 则表明 IAA 的极性运输与侧根的发育密切相关^[12]。此外, 去除茎尖可以抑制侧根的发育, 而去除根尖则不影响侧根发育。这一结果也表明, 侧根的发育受茎尖到根尖的 IAA 极性运输的调控。

2.2.3 IAA 对扦插生根的影响 园艺植物的扦插繁殖, 具有增加繁殖系数, 提高自交不亲和系和雄性不育系的繁殖率, 保持品种纯度等优点, 因此, 近年来在园艺栽培上得到广泛应用。对扦插植物来说, 生根具有重要意义, 是扦插植物能否成活的关键。而 IAA 对插条生根具有明显的促进作用。张福平等^[13]以麒麟吐珠为试材, 用不同浓度的 IAA 对插枝进行预处理, 结果表明, 100~500 mg/L 的 IAA 对麒麟吐珠插枝生根均有促进作用, 其中以 200 mg/L 的 IAA 效果最好, 生根率达 100%, 是 CK 组的 1.25 倍。最多根数、平均根数、最长根长、平均根长、生根率和总根重等与 CK 组相比均呈显著差异。当浓度大于 300 mg/L 时这种促进作用呈逐步下降的趋势。赵敏冲等^[14]以云南松为试材, 用不同浓度的 IAA、IBA 分别处理其插穗, 发现促进云南松插穗生根的 IAA 最佳浓度为 338 mg/L, 对应的生根率为 55.0%, IBA 的最佳浓度为 215 mg/L, 生根率为 31%。在交互效应中, 二者的最佳浓度分别为 313 mg/L 和 103 mg/L, 对应的生根率为 63.5%。此外试验结果表明, IAA 是影响云南松插穗生根率的主导因子。插条发生不定根的过程大致可分为 3 个阶段: 第一, 细胞的脱分化, 插条组织开始形成具有分生能力的细胞; 第二, 细胞的分裂和分化形成根原体; 第三, 新根的生长及其维管束系统的分化。植物生长调节剂调控不定根的形成主要有 2 种情况: 一是诱导根原体的形成; 二是诱导根的伸长生长。研究发现 IAA 与不定根的根原体形成有关。另据试验证明, 如将根尖切去并不抑制伸长带细胞的伸长, 甚至还会使幼根的伸长有暂时的增加, 而且幼根中生长素是向顶端运输的, 因此排除了根尖合成的生长素对根伸长作用调节的可能性。根总是在插条的形态学的下端长出, 即使将插条倒置也改变不了这种极性生长的现象。许多人认为这与 IAA 的极性运输有关。IAA 向茎的基部运输到基部切口, 使那里的 IAA 积累较多, 因而促进根的生长。IAA 含量多的部位长出不定根, 含量少的部位长出了不定芽, 将吡啶乙酸羊毛脂涂抹到一些植物的茎上, 就能使任何部分长出根来。由此看来 IAA 对插条生根确实具有重要的调控作用^[15]。但是在实际应用中应当特别注意 IAA 的浓度, 张福平等的试验证明, 当所施 IAA 超过一定浓度范围时, 就会使促进作用逐步下降甚至产生相反的作用, 这是由于高浓度的 IAA 可诱导乙烯的发生, 而乙烯的发生对生根有抑制作用。Mullin 认为, 在选择使用 IAA 的浓度时也必须考虑不同浓度的 IAA 对乙烯释放的作用, 要使 IAA 的降解和其诱导的乙烯产生之间达到协调才能对生根有最大的促进作用。此外, 在扦插过程中使枝条上留

下几片叶子有助于扦插成功,而叶是 IAA 的主要合成部位之一,也间接说明了 IAA 在扦插生根中具有重要作用。

2.3 IAA 对园艺植物茎伸长生长的影响

人们普遍认为赤霉素可促进作物茎端伸长。而近年来越来越多的试验证明,生长素也可促进植物茎段的伸长生长。且在这一过程中,生长素与赤霉素二者之间为增效作用,即一种激素可加强另一种激素的效应。

关于二者之间增效作用产生的原因,最先有人认为是,二者的促进作用是相互独立的,只是起作用的时间有先后,赤霉素的作用先于生长素。后来,在 20 世纪 50、60 年代,有人认为赤霉素一方面促使结合态的 IAA 转变为活化形式;另一方面又能抑制 IAA 氧化酶和过氧化物酶的活性,从而加强了 IAA 的合成与积累,提高了内源 IAA 的水平,从而促进茎的伸长生长^[15]。但近年来更多的研究揭示,IAA 是通过促进活性赤霉素的合成而促进茎的伸长生长的。蒋宇霞等报道 IAA 和 GA₃ 均促进水仙茎段伸长,并且 IAA 和 GA₃ 混合处理促使花茎切段伸长略大于 IAA 和 GA₃ 单独处理之和,表明 IAA 和 GA₃ 对花茎切段伸长生长具有协同增效作用,同时也证明外源 IAA 处理水仙花茎切段后增加了 GA₃ 的含量。

2.4 IAA 对园艺植物株型的影响

对园艺植物株型的控制,在很大程度上决定着它的观赏价值和经济价值。骨干枝的数量,角度和分布是影响株体结构的重要因素。一株结构良好的株体,骨干枝数量适当,在主干上以一定距离排开,并向不同方向延伸,骨干枝的分支角度不过大或过小,约为 45°~50°,以充分利用空间。这些要求主要是靠修剪来达到,而利用 IAA 对其顶端优势来调控也可达到同样的效果。

植物的顶端优势是指生着的顶芽对侧芽生长的抑制作用。对此人们通常使用激素抑制学说来解释。即植物顶端产生的 IAA 可以极性向下运输,并进入侧芽。由于芽比茎对 IAA 更敏感,在芽中生长素的浓度

超过 $1 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ 就达到最适水平,因而对侧芽的生长起抑制作用,解释其最有力证据:一是植物去顶之后可以导致侧芽的生长,但在切口涂抹高浓度的 IAA,侧芽不能萌发,如涂抹低浓度的 IAA,则可以萌发;二是用 ¹⁴C 标记的 IAA 涂抹去顶的枝条,发现侧芽被抑制的程度和侧芽中 ¹⁴C 的脉冲数成正比,说明侧芽被抑制是因为 IAA 流向侧芽;三是在茎尖生长区下环状施用 IAA 抑制剂 TIBA,以抑制 IAA 向基部极性运输,也抑制了茎尖对侧芽的抑制作用^[15]。

参考文献

[1] 王忠.植物生理学[M].1版.北京:中国农业出版社,2000:271-275.
[2] 潘瑞炽.植物生理学[M].5版.北京:高等教育出版社,2004:107-203.
[3] 吴丽芳,朱永友,王义彰.IAA、NAA 对白三叶种子发芽的影响[J].草业科学,2000,17(1):60-61.
[4] 康冰,陈彦生,张小红.GA₃、6-BA 及 IAA 对香樟种子发芽及幼苗生长的影响[J].植物生理学通讯,2001,37(5):399-400.
[5] 张福平,魏玲玲.IAA 等对紫罗勒种子发芽及幼苗生长的影响[J].种子,2007,26(10):94-96.
[6] 叶自新.植物激素与蔬菜化学控制[M].北京:中国农业科技出版社,1998:113-114.
[7] 赵仲仁,李广仁,黄桂琴.等.几种抑制剂对钾和 IAA 诱导的离体黄瓜子叶不定根形成的影响[J].植物学报,1997,39(1):64-67.
[8] 杨淑华,赵仲仁,么思云,等.钾和菊酸钠诱导的离体黄瓜子叶生根过程中内源 IAA 和 ABA 含量变化[J].植物生理学通讯,1995,31:15-17.
[9] 周晓燕,马铃薯 Bora 组培苗的生根诱导及移栽[J].山东科学,2007,20(3):65-69.
[10] 周索,杜丽.四种生长素对拟南芥根生长发育的影响[J].北方园艺,2008(3):51-52.
[11] 李利,孙长忠.几种新型植物激素与根系生长发育的关系[J].淮南师范学院学报,2006,8(3):325-326.
[12] 倪为民,陈晓亚,许智宏.生长素极性运输研究进展[J].植物学报,2002,42(3):221-228.
[13] 张福平,陈沛纯,陈蔚辉.IAA 等对麒麟吐珠插枝生根的影响[J].特产研究,2006(3):41-43.
[14] 赵敏冲,李莲芳,李根前,等.IAA 和 IBA 对云南插穗扦插生根的影响[J].西部林业科学,2008,37(3):13-17.
[15] 徐绍颖.植物生长调节剂与果树生产[M].上海:上海科学出版社,1981:255-265.

The Effect of Indoleacetic Acid on Growth and Development of Horticultural Plants

CHEN Yang-li¹, ZHOU Ling-ling², HUANG Zuo-xi³

(1. Jiuzhaigou Middle School of Sichuan Province, Jiuzhaigou, Sichuan 623400; 2. Nanjing Arts Institute of Nanjing Arts College, Nanjing, Jiangsu 210013; 3. Key Laboratory of Colleges and University for Research and Utilization of Distinctive Agricultural Undertakings, Neijiang Normal University, Neijiang, Sichuan 641112)

Abstract: Indoleacetic acid (IAA) is the main form of auxin in nature. Promoting the germination of seeds, the radication of cutting plants and inducing the flower buds are its main physiological role in the growth and development of horticultural plants. And the physiological role of the IAA, its operation mechanism and its effect on the growth and development of horticultural seeds, roots, stems, flowers and fruits were summarized in present paper.

Key words: indole acetic acid (IAA); horticultural plants; growth and development