

不同矮化砧木叶片酶活性与内源激素含量的差异

隗晓雯, 郭 静, 王 菲, 张学英, 徐继忠

(河北农业大学 园艺学院, 河北 保定 071001)

摘 要:以乔化砧、半矮化砧、矮化砧 3 类矮化程度不同的苹果砧木为试材, 研究比较了不同砧木叶片内酶活性及内源激素含量的差异。结果表明: 不同矮化程度的砧木之间叶片内的 POD(过氧化物酶)、IOD(吲哚乙酸氧化酶)活性差异较大, 并且乔化砧木的酶活性显著低于半矮化、矮化砧木的酶活性; 不同砧木间春季叶片内源激素 IAA(生长素)、ABA(脱落酸)、GA(赤霉素)和 ZR(玉米素)的含量差异较大, 并且春季矮化砧木叶片的 IAA/ABA 比值显著低于半矮化与乔化砧木。因此, 可以利用叶片内 POD、IOD 活性与春季叶片的 IAA/ABA 比值预测砧木的矮化性。

关键词:苹果; 砧木; 酶活性; 内源激素

中图分类号:S 661.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)14-0015-04

苹果矮砧密植栽培因其产量高、果实品质好、早果早产、经济利用土地及方便生产管理等而成为国内外苹果生产发展的重要趋势^[1]。选择适宜的矮化砧木是矮砧密植栽培成败的关键, 因此, 矮化砧木的选育一直是研究的主要内容。应用田间试验的方法鉴定砧木对接穗生长势的影响需要较长的时间。缩短鉴定时间, 探索迅速准确的预选方法是研究者一直追求的目标。

自 Beakbane 等^[2]发现乔化砧与矮化砧根部解剖结构不同, 可以利用根皮率来预测砧木的生长势以来, 国内外许多学者对苹果^[1]、梨^[3]、柑橘^[4]等众多果树种类及砧木枝条、叶片或根的组织进行了解剖研究, 结果表明, 枝皮率、木质部导管密度、叶片上下表皮占叶片厚度的百分率、叶片的栅/海比、气孔密度、根皮率等均不同程度的与果树的生长势有一定的相关性。但是叶片栅/海比、根皮率和枝皮率在不同砧木品系间差异较大, 指标不明确。一些研究者研究了不同砧木酶活性与激素含量, 结果显示, POD 活性随着砧木的矮化程度增强而增加, IAA 与 ABA 水平直接影响到树体的矮化性^[5-6], 但也有相反报道^[7]。为此, 该试验以 3 类矮化程度不同的苹果砧木为试材, 研究比较了不同砧木叶片内酶活性与内源激素水平的差异, 以期苹果矮化砧木预选提供依据。

第一作者简介:隗晓雯(1988-), 女, 河北保定人, 硕士研究生, 研究方向为果树栽培生理。E-mail: 870858548@qq.com.

责任作者:徐继忠(1964-), 男, 博士, 教授, 现主要从事果树结实生理与分子生物学研究工作。E-mail: xjzhxw@126.com.

基金项目:河北省科技厅资助项目(11220114D); 农业部公益性行业科研专项资助项目(201203075-05)。

收稿日期:2013-03-07

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为 2 a 生矮化程度不同的砧木苗, 基砧均为八棱海棠, 砧木包括乔化砧、半矮化砧、矮化砧 3 类, 乔化砧木为“黄 14”、“黄 B143”, 半矮化砧为“GM256”、“SH29”, 矮化砧为“M9”、“M26”。均取自于河北省保定市顺平县何家营苹果矮化砧木试验园。采用随机区组设计, 单株小区, 5 次重复。

1.2 试验方法

试验于 2012 年 5~10 月进行, 分别于春梢缓慢生长期(5 月 30 日)与秋季落叶前养分回流期(9 月 30 日)进行采样。单株小区, 5 次重复。每株取新梢中部大叶 10 片, 用干净的纱布擦去表面灰尘、液氮速冻带回实验室, 置于-78℃超低温冰箱中待测。

1.3 项目测定

1.3.1 酶活性的测定 IOD(吲哚乙酸氧化酶)活性参照黄群生^[8]的方法测定; POD(过氧化物酶)活性的测定参照 Omran^[9]的方法; SOD(超氧化物歧化酶)活性参照 Giannopolitis 等^[10]的方法测定; CAT(过氧化氢酶)的活性采用 Dhindsa 等^[11]的方法测定。重复 5 次。

1.3.2 内源激素的测定 采用酶联免疫吸附测定法(ELISA)。试剂盒由中国农业大学生物技术实验室提供, 试验在中国农业大学农学与技术学院实验室进行, 重复 3 次。

1.4 数据分析

所得数据用 DPS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同矮化砧木叶片内酶活性的变化

2.1.1 IOD 活性的比较 由图 1 可知, 5 月 30 日各砧木

的 IOD 活性均较 9 月 30 日低,但各砧木之间的差异较大,乔化砧木的 IOD 活性较低,半矮化、矮化砧木的酶活性较高,且矮化砧木、半矮化叶片内 IOD 活性显著高于乔化砧木,如“黄 14”叶片内的 IOD 活性为 $1\,880.806\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\text{FW}$ 、“GM256”为 $3\,799.134\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\text{FW}$ 、“M26”的为 $4\,778.018\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\text{FW}$,这表明随砧木矮化程度的增加,砧木叶片 IOD 活性升高;9 月 30 日,各砧木的 IOD 活性均较 5 月 30 日升高,且与 5 月 30 日的酶活性均达差异显著水平,矮化砧木的 IOD 活性显著高于半矮化、乔化砧木,但不同砧木间 IOD 活性差异减小,如“M26”与“黄 14”间,叶片 IOD 活性差异在 5 月 30 日为 $2\,897.212\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\text{FW}$,而在 9 月 30 日则下降到 $826.189\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\text{FW}$ 。

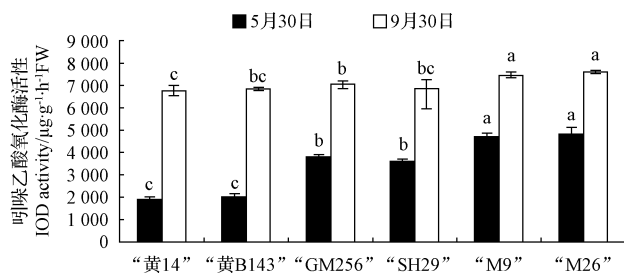


图 1 不同砧木叶片 IOD 活性

注:不同的小写字母表示 $P < 0.05$ 水平上差异显著。下同。

Fig. 1 IOD activities in leaves of different rootstocks

Note: Different small letters indicate significant at $P < 0.05$. The same below.

2.1.2 POD 活性的比较 由图 2 可知,5 月 30 日各砧木叶片内的 POD 活性均较 9 月 30 日高,不同矮化砧木间的差异较大,矮化砧木的 POD 活性显著高于半矮化、乔化砧木的 POD 活性,如“M9”叶片内的 POD 活性为 $54.131\ \text{U}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$ 、“GM256”为 $39.926\ \text{U}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$ 、“黄 14”为 $36.333\ \text{U}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$ 。这表明随砧木矮化程度的增加,砧木叶片的 POD 活性升高;9 月 30 日,不同砧木间 POD 活性与 5 月 30 日具有相似规律,乔化砧木叶片内 POD 活性仍显著低于半矮化、矮化砧木,但不同砧木间 POD 活性较 5 月 30 日有所降低并且差异减小。

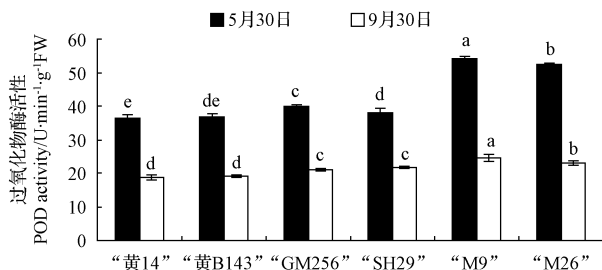


图 2 不同砧木叶片 POD 活性

Fig. 2 POD activities in leaves of different rootstocks

2.1.3 SOD 活性的比较 由图 3 可知,5 月 30 日各砧木间叶片内 SOD 活性差异较大,且各砧木间酶活性显著不同,但是 SOD 活性与砧木的矮化程度并无相关性,从 5 月 30 日的 SOD 活性上看,“SH29”显著高于“黄 B143”,“黄 14”显著高于“GM256”;“SH29”的 SOD 活性显著高于“M9”,“GM256”的 SOD 活性却显著低于“M26”。从 9 月 30 日的 SOD 活性来看,“黄 B143”显著高于其它砧木。

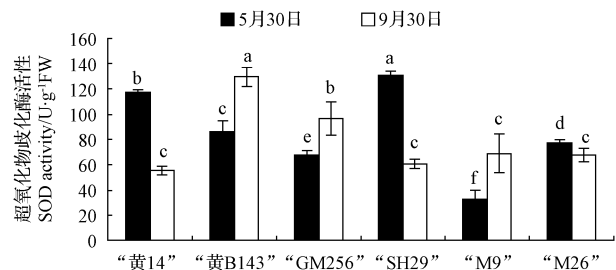


图 3 不同砧木叶片 SOD 活性

Fig. 3 SOD activities in leaves of different rootstocks

2.1.4 CAT 活性的比较 由图 4 可知,比较同一时期各砧木的 CAT 活性表明,5 月 30 日,各砧木的 CAT 活性均较高,但不同砧木间的差异较大,半矮化砧木的 CAT 活性显著高于矮化砧木的 CAT 活性,并且显著低于乔化砧木的 CAT 活性,如“SH29”叶片内的 CAT 活性为 $132.202\ \text{U}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$,介于“黄 B143”的 $223.738\ \text{U}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$ 与“M26”的 $80.719\ \text{U}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$ 之间。这表明随砧木矮化程度的增加,砧木叶片的 CAT 活性降低;9 月 30 日,不同砧木间 CAT 活性相比于 5 月 30 日有所下降并且变化差异减小,乔化砧木叶片内 CAT 活性显著高于半矮化、矮化砧木的 CAT 活性,但是,半矮化砧木叶片内 CAT 活性与矮化砧木的 CAT 活性在 9 月 30 日并无显著性差异。

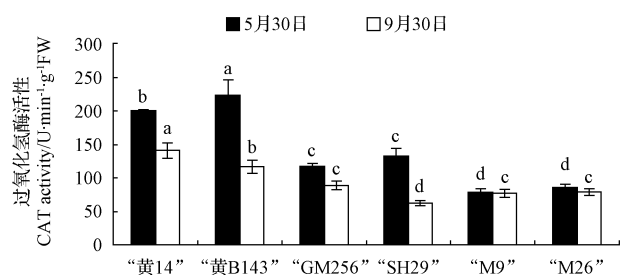


图 4 不同砧木叶片 CAT 活性

Fig. 4 CAT activities in leaves of different rootstocks

2.2 不同矮化砧木叶片内源激素水平的比较

由表 1 可知,各砧木间春季叶片中 IAA、ABA、GA、ZR 含量差异较大,且各单一激素的指标与砧木的矮化性无显著相关性,但是春季叶片的 IAA/ABA 比值在矮化砧木中显著低于半矮化与乔化砧木,且 IAA/ABA 比

表 1 不同矮化砧木春季叶片的内源激素含量

Table 1 Content of endogenous hormones in leaves of different rootstocks in spring

砧木种类 Rootstocks	IAA 含量 IAA content/ng · g ⁻¹ FW	ABA 含量 ABA content/ng · g ⁻¹ FW	GA 含量 GA content/ng · g ⁻¹ FW	ZR 含量 ZR content/ng · g ⁻¹ FW	IAA/ABA	(IAA+GA+ZR) /ABA
“M9”	59.941b B	169.599a A	8.028ab AB	13.465b B	0.3565 c B	0.4846 c B
“M26”	23.862c C	129.717b A	5.280c C	18.338a A	0.1934 d C	0.3386 d C
“GM256”	76.858a AB	155.000a A	9.071a A	12.815b B	0.4289 b B	0.5611 bc B
“SH29”	67.787ab AB	154.410ab A	7.716b AB	9.872c C	0.4401 b B	0.5802 b B
“黄 14”	77.977a A	137.360ab A	9.016a A	12.666b B	0.5696 a A	0.7286 a A
“黄 B 143”	57.846b B	126.660b A	6.871b BC	8.016c C	0.4586 b B	0.5968 b B

注:数字后大写(小写)字母表示 DPS 测验 0.01(0.05)显著水平。

Note:Capital letters and small letters indicate significant difference at $P=0.01$ and 0.05 in DPS test, respectively.

值随着砧木矮化性的增加而减小,在乔化砧木中“黄 14”最高,为 0.5696,矮化砧木中“M26”最低,为 0.1934;(IAA+ZR+GA)/ABA 比值也具有相似规律。

3 讨论

徐继忠等^[12]对苹果的研究以及赵大中等^[13]对柑桔的研究表明,砧木叶片 POD 活性均与砧木的生长势显著相关,同一时期不同砧木的 POD 活性随砧木矮化程度的增大而提高。该试验也取得了同样结果,乔化砧木“黄 14”、“黄 B143”的酶活性最低,矮化砧木“M9”、“M26”的酶活性最高,半矮化砧木“GM256”、“SH29”介于二者之间。这可能是因为 POD 具有氧化 CTK 和 IAA 以及加速植物组织木质化的作用。高水平的 POD 的强氧化作用可以使刺激植物生长的 CTK 和 IAA 浓度下降,生长趋于缓和;同时使木质化程度加大,从而导致树体矮化。同时该试验结果也显示,同一时期不同砧木叶片的 IOD 活性随着砧木的矮化程度的增强而增加,不同的是,9 月 30 日不同砧木叶片 IOD 活性在半矮化与矮化砧木间虽有差异但并不显著。IOD 活性与砧木的生长势显著相关的原因可能是 IOD 能够直接将 IAA 氧化,使其失去活性,从而抑制树体的生长有关。表明砧木叶片内 IOD、POD 活性尤其是春梢缓慢生长期叶片内 IOD、POD 活性可以作为矮化砧木的预选指标。

5 月 30 日,不同砧木叶片内 CAT 活性存在显著性差异,即半矮化砧木的 CAT 活性显著高于矮化砧木的酶活性,显著低于乔化砧木的酶活性;9 月 30 日,乔化砧木的 CAT 活性仍显著高于半矮化砧木与矮化砧木的酶活性,但半矮化砧木与矮化砧木间的 CAT 活性并无显著差异。因此,不同砧木叶片的 CAT 活性是否可以预测砧木的矮化性还需进一步研究。

内源激素含量的多少是控制树体大小的主要原因。研究发现,植物的高矮受 GA、IAA、ABA 等多种激素的影响^[14-15]。IAA 是植物生长必需的内源激素,其含量直接影响树体的生长势,有研究表明,IAA 含量越高,植株生长势越强,IAA 含量越少,生长势越弱;此外 ABA 也能影响树体的生长,刘魁英等^[16]对苹果砧木的研究证明,ABA 可以提高 IAA 氧化酶的活性,减轻 IAA 刺激树体生长的作用。该试验中,不同砧木叶片内各单一激素

含量虽然差异较大,但与树体生长势并无相关性,但是矮化砧木的 IAA/ABA 的比值与 (IAA+ZR+GA)/ABA 的比值较小且显著低于半矮化砧木与矮化砧木,曹敏格等^[1]对苹果砧木的研究也得到了类似的结论。因此,利用砧木叶片中 IAA/ABA 的比值与 (IAA+ZR+GA)/ABA 的比值可以预测砧木的矮化程度。

参考文献

- [1] 曹敏格,杨海玲,张文,等. 苹果砧木矮化性评价指标的研究[J]. 中国农业大学学报,2008,13(5):11-18.
- [2] Beakbane A B, Thompon E C. Anatomical studies of stems and roots of hardy fruit trees[J]. J Pomol Hort Sci, 1939, 17: 141-149.
- [3] 刘延杰. 秋子梨不同类型生长势与枝叶解剖构造的研究[J]. 北方园艺, 2000(5): 29-30.
- [4] 赵大中, 罗先实, 鲁俊良, 等. 柑橘砧木矮化预选指标的解剖学研究[J]. 果树科学, 1995, 12(4): 219-223.
- [5] Garcia E, Rom C R, Murphy J B. Comparison of phenolic content of 'Liberty' apple (*Malus × domestica*) on various root stocks [J]. Acta Horticulturae, 2004, 658(1): 57-60.
- [6] 王丽琴, 唐芳, 赵飞, 等. 苹果紧凑型品种和矮化砧内源激素的变化[J]. 园艺学报, 2002, 29(1): 5-8.
- [7] 刘新彩. 核桃幼树生长特性及其相关生理生化特性的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2004.
- [8] 黄群声. 对吡啶乙酸氧化酶活性测定方法中某些步骤的改进[J]. 植物生理学通报, 1996, 32(4): 283-284.
- [9] Omran R G. Peroxidase in leaves and the activities of catalase, peroxidase and indoleacetic acid oxidase during and after chilling cucumber seedlings [J]. Plant Physiol, 1980, 65: 407-408.
- [10] Giannopolitis C N, Ries S K. Purification and quantitative relationship with water soluble protein in seedling [J]. Plant Physiology, 1997, 59: 315-318.
- [11] Dhindsa R S, Plumb-Dhindsa P, Thorpe T A. Leaf senescence: Correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase [J]. Journal of Experimental Botany, 1982, 32: 93-101.
- [12] 徐继忠, 史宝胜, 马宝焜, 等. 苹果不同矮砧与其对应中间砧植株 POD、IOD 酶活性的研究[J]. 中国农业科学, 2002, 35(4): 415-420.
- [13] 赵大中, 陈民, 罗先实. 不同种类柑桔幼苗生长势与叶片过氧化物酶活性、GA₃ 和 ABA 含量的关系[J]. 果树科学, 1998, 15(3): 267-269.
- [14] 程瑞平, 李文光. 苹果砧木内源激素水平分析[J]. 河北农业技术师范学院学报, 1994, 8(3): 126.
- [15] Kamboj J S. Polar transport of IAA in apical shoot segment of different apple root stock [J]. Journal of Horticultural Science, 1997, 72(5): 773-780.
- [16] 刘魁英, 赵宗芸, 王海兴. ABA、GA₃ 渗透势和压力势对苹果砧木叶片中 IAA 氧化酶活性的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 1993, 24(1): 50-53.

红枣直播建园不同树形产量与品质调查研究

张琦^{1,2}, 白团辉³, 吴翠云^{1,2}, 王合理¹, 刘家材¹, 党学敏⁴

(1. 塔里木大学 植物科学学院, 新疆 阿拉尔 843300; 2. 新疆生产建设兵团塔里木盆地生物资源保护利用重点实验室, 新疆 阿拉尔 843300; 3. 河南农业大学 园艺学院, 河南 郑州 450002; 4. 新疆生产建设兵团农十四师 224 团, 新疆 和田 830002)

摘要:以农十四师 224 团直播建园的骏枣为试材, 采用圆柱形、小冠疏层形永久株、小冠疏层形永久行、三主枝中干形 4 种树形方式, 研究了不同树形对枣树结构发育、果实产量构成和品质的影响。结果表明: 4 种树形树冠大小差异大, 小冠疏层形树冠最大; 不同树形的单株枣股数、枣吊数、每个枣吊枣数、单果重有所差别, 是构成产量的主要因素, 树冠 100~150 cm 产量明显高于 50~100 cm, 单株产量依次为小冠疏层形永久株 > 小冠疏层形永久行植株 > 三主枝中干形 > 圆柱形; 4 种树形果实性状特征与层次有关, 有随果实着生部位升高而增加的趋势, 与果实着生方向无明显关系; 不同树形、不同层次果实营养品质有所差异, 果实含糖量、可溶性固形物含量随果实着生部位的升高而增加, 有机酸含量呈下降趋势; 维生素 C 含量小冠疏层形下层果实的较高, 而圆柱形和三主枝中干形上层果实的较高; 果实营养品质以圆柱形树形的较高, 小冠疏层形永久行植株较低。树冠北向果实营养品质较低。

关键词:枣; 直播建园; 树形; 产量构成; 品质

中图分类号:S 665.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)14-0018-06

枣(*Zizyphus jujube* Mill)属鼠李科(Rhamnaceae)枣属(*Zizyphus*)落叶灌木或小乔木。枣树抗逆性强、早果

丰产、经济效益和生态效益显著, 适合在冬寒夏炎、昼夜温差大、干旱少雨、日照长、光热丰富的南疆地区发展。红枣直播建园技术降低了建园成本, 园相整齐, 见效快, 成为大面积建园的首选模式^[1]。王羽等^[2]研究证明, 定植密度是决定树形选择的关键。经过近几年不同栽培密度效果调查, 在前期直播建园时栽培密度以 0.5 m × 2 m 的密植为主要模式。彭刚^[3]在株行距 1.0 m × 2.5 m 和 4.0 m × 0.5 m 栽培时, 对永久株采用小冠疏层形, 临时株为单轴主干形的直播建园丰产技术进行总结。秦淑琴^[4]总结了直播建园枣园单株枣果数、

第一作者简介:张琦(1964-), 男, 云南昆明人, 硕士, 教授, 现主要从事果树栽培生理研究工作。E-mail: zqzkytd@163.com.

责任作者:王合理(1959-), 男, 河南人, 教授, 学科带头人, 研究方向为设施栽培生理生态与园艺植物栽培生理生态。

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2011BAD48B01); 新疆生产建设兵团农业类产学研重大专项资助项目(2010ZX02); 塔里木大学校长基金创新群体资助项目(TDZKCX1001)。

收稿日期:2013-03-06

Difference of Enzyme Activity and the Content of Endogenous Hormones in the Leaves of Different Apple Dwarfing Rootstocks

WEI Xiao-wen, GUO Jing, WANG Fei, ZHANG Xue-ying, XU Ji-zhong

(Department of Horticultural, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071001)

Abstract: Different apple dwarfing rootstocks (vigorous, semi-dwarfing, dwarfing rootstocks) were used to compare their difference on the enzyme activity and the content of endogenous hormones in the leaves. The results showed that POD and IOD activities of leaves were markedly different, the POD and IOD activities of vigorous rootstocks were markedly lower than those of semi-dwarfing rootstocks and dwarfing rootstocks; the content of IAA, ABA, GA and ZR in leaves in spring were different, and the ratio of IAA to ABA from dwarfing rootstocks was markedly lower than that from vigorous rootstocks and semi-dwarfing rootstocks. Therefore, the activities of POD and IOD of leaves and the ratio of IAA to ABA from dwarfing rootstocks can be used to forecast the dwarfing ability.

Key words: apple; rootstocks; enzyme activity; endogenous hormones