

干旱胁迫对果树开花的诱导及对生理生化性状的影响

唐龙翔, 康少杰, 李文庆

(山东农业大学 资源与环境学院, 山东 泰安 271018)

摘要: 干旱胁迫是许多热带、亚热带果树花芽诱导的有效措施, 现就干旱胁迫对果树开花诱导的效果以及对果树生理生化过程的影响进行讨论。认为干旱胁迫明显降低果树的营养生长, 影响果树体内碳水化合物以及含氮化合物的含量水平和相对比例, 明显调节果树体内内源激素含量状况, 并有效促进部分果树的开花。同时对干旱诱导的时间、强度以及今后控水促花研究中尚需解决的问题进行了讨论。

关键词: 干旱胁迫; 果树; 开花; 生理; 生化

中图分类号: S 66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)09-0111-05

水分是果树生长重要的物质基础, 其协调供应是果树正常生长的重要条件, 但作为多年生植物的果树却又具有与其他 1 a 生植物不同的生长特点, 其对水分的需求也随季节及发育周期的变化而出现波动, 有时适度的干旱条件不仅不会危害果树的正常生长, 反而还可以调节果树发育的方向, 加速果树从营养生长向生殖生长的转化。在热带、亚热带地区的部分常绿果树上, 干旱胁迫与低温一样是果树花芽分化的诱导因子之一, 对果树花芽分化有明显的诱导效果^[1]。在金柑、四季桔和柠檬等果树的栽培中, 控水已成为促花的常用技术之一, 并可根据需要有效实现对花期的调控^[2-3]。伴随干旱胁迫的进行果树体内物质组成及各种生化反应也都会发生一系列的变化, 现就干旱胁迫对果树开花诱导的效果及对果树体内生理生化变化的影响进行论述。

1 干旱胁迫对果树营养生长的影响

水分胁迫能明显抑制果树的营养生长, 对叶片、枝条、根系以及树体的生化反应都有不同程度的影响。就地上部来看, 干旱降低果树叶片水势, 使细胞的膨大受阻, 新叶的扩展及叶片萌生速率降低。水分胁迫下果树叶片数量、平均叶面积、叶片厚度均显著变小, 细胞减小, 细胞中原生质浓缩, 栅栏组织更加致密, 强度干旱胁迫还会导致叶片大量脱落^[4-6]。干旱胁迫也影响叶片中

叶绿素含量和各组分的相对比例, 刺梨受旱后叶片叶绿素含量及叶绿素 a/b 比值都明显降低^[7]。水分胁迫还可导致果树枝条生长严重受阻, 程福厚等研究表明, 鸭梨在调亏灌溉情况下新梢长度下降 15%~25%, 夏季修剪量减少 18%~30%^[8]。虽然干旱胁迫期间果树的生物量降低, 但在有些果树如在芒果和柑桔上短期的水分胁迫可促进本来不活动的侧芽的萌发, 因而在恢复灌水后能增加新梢的数量^[9]。

水分胁迫也影响果树地下部的生长。盆栽荔枝幼树各级侧根的生长受干旱胁迫而降低, 根系干重、根长度、根表面积显著减少。但干旱胁迫对根系的负面影响相对地上部的影响较小, 有时适度的干旱还可以刺激部分根系的生长, 增大吸水面积。水分胁迫下盆栽荔枝须根的生长增强, 须根的长度、表面积比水分充足时显著增加^[4]。

干旱对果树的生化反应及酶活性亦有影响。叶片净光合速率和蒸腾速率因为气孔导度的降低而减弱, 而呼吸作用却增强。Vu 等研究表明叶片水势 -2.0 MPa 时柑桔光合 CO₂ 同化率、蒸腾速率分别为 -0.6 MPa 时的 58% 和 40%, 当叶片水势降为 -3.1 MPa 时蒸腾进一步降低而光合作用趋于零^[10]。核酮糖二磷酸羧化酶的活性与叶片可溶性蛋白在胁迫处理中降低, 胁迫叶片中核酮糖二磷酸羧化酶浓度及可溶性蛋白分别为对照的 80% 和 85%^[10]。其他的酶类如叶片超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化物酶 (POD) 以及根系硝酸还原酶活性也迅速大幅度下降^[7]。

2 干旱胁迫对果树碳水化合物影响

总体而言, 水分胁迫能显著影响果树体内碳水化合物的合成及消耗, 调节不同碳水化合物形态在树体内的相对含量, 但其对不同果树的影响也存在差异。水分胁迫导致苹果叶片中总可溶性糖和还原糖积累, 山梨糖醇

第一作者简介: 唐龙翔(1983-), 男, 山东省昌乐县人, 硕士, 现主要从事土壤生态环境及果树生理等方面的研究工作。E-mail: tlx19830301@163.com。

通讯作者: 李文庆(1965-), 男, 博士, 副教授, 现主要从事土壤生态环境及果树生理等方面的研究工作。E-mail: wqli@sdau.edu.cn。

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD10B07); 山东省自然科学基金资助项目(2007ZRB01020)。

收稿日期: 2009-04-05

含量增加,而淀粉含量显著降低。水分胁迫解除后叶片中除葡萄糖能保持一个显著高于对照的水平外,其余的糖和山梨糖醇均迅速地回落到正常水平^[11]。在其他果树如柑桔和柚子上也有相同的规律,而且变化的幅度与胁迫强度及胁迫周期长短有关^[12-13]。但在柠檬和荔枝上树体淀粉含量则在干旱胁迫时增加,尤其在柠檬的枝条、树干及根系中,柠檬的开花数和枝条及根系中的淀粉水平呈正相关,而荔枝根系淀粉含量和开花数无相关关系。在鳄梨上水分胁迫则降低了根系中淀粉的含量,而对芒果淀粉水平则无影响^[1]。

糖分的积累和树体内生化反应的改变以及果树对干旱的自我调节有关。在干旱胁迫下光合同化碳在不同化合物间的分配发生变化,并导致一部分物质的迅速积累。如干旱条件下碳在山梨糖醇中分配比率明显高于在其他碳水化合物中比率^[14]。苹果在水势为-1.0 MPa时叶片葡萄糖在山梨糖醇和蔗糖间的分配比率为0.8,而水势降为-3.0 MPa时则增加到1.7。因此干旱胁迫下更多的葡萄糖转化为山梨糖醇而不是蔗糖和淀粉。同时与山梨糖醇合成有关的酶也发生明显变化,山梨糖醇合成关键酶6-磷酸醛糖还原酶的活性增强,而山梨糖醇脱氢酶的活性降低,而干旱对蔗糖合成的关键酶蔗糖磷酸化酶的影响不大。山梨糖醇积累还与干旱降低了碳同化率有关。在高同化率下主要转化为蔗糖和淀粉,而在低的同化率下更多的碳转化为山梨糖醇。同时干旱也促进了蔗糖分解为山梨糖醇合成的基质果糖和葡萄糖,但却阻止了葡萄糖和山梨糖醇向淀粉的转化。干旱情况下,向枝条供应的山梨糖醇只有不到10%转变为其他形态的可溶碳水化合物^[14]。

碳水化合物的差异性积累与消耗和果树的渗透调节有关,作为一种自我保护机制,植物都有特定的保持细胞水分及维持膨压的机制,其中渗透调节即是重要的手段。苹果在水势从-1.0降为-3.2 MPa后,老叶、茎干及枝条中主动渗透调节幅度为0.3~0.4 MPa,而幼叶渗透调节可达1.0 MPa^[15]。其中糖醇及单糖是重要的渗透调节物质,尤其山梨糖醇是细胞液碳水化合物的主要组分,渗透调节的50%由其来完成^[16]。

3 干旱胁迫对果树含氮化合物的影响

氮是果树体内最重要的矿质元素之一,含氮化合物在果树体内有重要的生理作用,其含量水平及组成比例明显受到干旱胁迫的影响。一般胁迫期间叶片游离氨基酸及氮的含量增加,而可溶性蛋白含量则降低。

氮的累积:正常生长的植物体内氮被迅速转化为氨基酸和蛋白质,一般不会出现氮的大量累积。但在外界环境胁迫情况下氮素向蛋白质的转化受到抑制,并相应出现氮的累积,而且累积的程度又和胁迫的程度及植物对逆境的抗性有关。在柑桔、鳄梨、葡萄等果树上进行

的研究都表明干旱胁迫能明显增加果树叶片中氮的含量^[17-18]。氮的增加与干旱抑制了一些促进氮转化的酶活性有关,谷氨酰胺合成酶和依赖NADH的谷氨酸合酶是正常情况下促进氮合成谷氨酸及其盐类的酶,但在胁迫存在时2种酶的活性降低,并伴随出现氮的累积,而且对胁迫抗性差的植物的累积更加明显。叶片中氮($\text{NH}_3 - \text{NH}_4^+$)的大量积累对敏感的作物来讲会导致叶片的腐烂,而对胁迫有抗性的植物则会通过合成精氨酸来解除毒性^[17]。精氨酸是生殖生长过程中重要的氨基酸之一,在柑桔花中氮及精氨酸的水平均较高,而且随着花瓣的脱落而含量降低^[18]。在一些植物上也发现随着氮的累积植物体内和氮转化有关的另外的一些酶体系相应活跃起来。如依赖NADH的谷氨酸脱氢酶随着干旱的胁迫及氮的累积而活性加强^[19]。因此认为在原来的转化途径受到胁迫限制的时候,植物又启动其他的方式来消除氮的毒害。这种氮的累积以及植物体内氮素代谢方式的转变可能对生殖生长有利。有研究表明柑桔胁迫的程度及氮的积累量和果树开花数量有很好的相关关系,同时在中等的胁迫情况下通过叶面喷施尿素来增加叶片氮的量也能获得较多的花数,说明这一时期内氮素的形态及含量对开花影响很大^[20]。

脯氨酸:脯氨酸是干旱胁迫下变化最明显的氨基酸之一,许多果树如柑桔、柠檬等受到干旱胁迫都会出现脯氨酸的快速积累,一般其积累也与植物体内氮的积累有关,二者有一定相关关系。脯氨酸是植物体内重要的渗透调节物质,具有很高的溶解度,与植物抗旱关系非常密切^[21]。作为细胞内的渗透调节物质,其可维持细胞的膨压和保持一定的含水量水平。植物受旱时水势下降,通过脯氨酸含量的增加使渗透势下降,从而保持膨压不变,维持细胞的正常功能。植物还可以通过脯氨酸的合成,消除干旱期间产生的游离氮的毒害,并贮存氮素和碳架,为逆境解除后恢复生长提供呼吸基质和能源。脯氨酸又具有偶极性,对生物大分子的空间结构有保护作用,它可以改善细胞膜和其他高分子物质的水环境,增强结构的稳定性。植物体内在氮积累的情况下,谷氨酸脱氢酶活性会相应增强,而且其活性的增强都伴随脯氨酸含量的增加,说明脯氨酸的合成可能和氮的积累有关^[22]。

多胺:多胺(PAs)是植物体内具有生物活性的低分子量含氮碱,常见的有腐胺(Put)、亚精胺(Spd)、精胺(Spm)。其对果树的营养生长和生殖生长有明显的促进作用,是成花过程中非常活跃的一类物质^[23]。研究表明干旱可以促进果树氨基酸特别是Arg积累并同时诱导由Arg形成PAs的过程,从而引起了多胺的波动。在干旱情况下苹果叶片和根系中都发现有腐胺和亚精胺的大量积累^[18, 23-24]。

4 干旱胁迫对果树激素水平的影响

干旱胁迫能改变果树内源激素的水平及激素间的平衡,使赤霉素(GA)含量减少,脱落酸(ABA)含量增加,在不同的果树上都有相同的规律,但具体的增加幅度和胁迫水平及组织部位有关^[25]。激素对干旱的反应非常敏感,在干旱胁迫的初期即迅速作出反应,PEG 诱导(-0.5 ~ -1.0 MPa)1 d 后苹果体内游离 ABA 即增加 2 ~ 10 倍,但随后又恢复到正常的水平^[26]。

2 种激素对果树的生长有完全不同的作用,其相对含量的变化能改变果树的生长发育方向。GA 可以调节养分在果树体内的分配和运输方向,促进养分向相应器官的优先运输。花芽诱导期叶面喷施 GA₃ 可以促进营养向枝条的优先供应,促进营养生长而抑制生殖生长^[27]。ABA 是根系感受干旱胁迫后输送到地上的信号物质,能抑制果树的营养生长。地上部在感受到 ABA 信号后迅速作出反应,降低生长速率,以避免遭受更大的逆境伤害。气孔导度的降低、枝条与叶片生长速率的降低以及蒸腾速率和光合速率的变化都和 ABA 信号有关^[28]。而且这一反应在叶片水势降低或膨压发生变化之前就已开始。虽然苹果幼苗在胁迫后第 3 天 ABA 水平即发生降低,但植物的生长却并未因此而恢复,而是一直持续到整个干旱胁迫期间^[29]。

ABA 还可以诱导植物合成其他对自身有保护作用的物质如甜菜碱等。甜菜碱是细胞质中一种有机渗透调节剂,可有效调节细胞的渗透势,在正常情况下无机离子为胞内主要的渗透调节物质,但干旱时细胞渗透势下降的很大一部分由甜菜碱提供。甜菜碱积累不仅不会像无机离子那样对酶类产生毒害,而且还对许多酶的活性有一定的稳定功能,其可以保护细胞内蛋白质及酶免受高盐浓度及极端温度的伤害,保护细胞内膜系统,尤其对有氧呼吸和能量代谢过程有良好的保护作用^[29]。ABA 外用能显著增加梨叶片甜菜碱浓度,干旱加 ABA 处理较单独干旱处理有更高的甜菜碱浓度及甜菜碱乙醛脱氢酶活性,说明 ABA 对甜菜碱的合成有诱导作用^[30]。

5 干旱胁迫对果树开花的诱导效果

干旱胁迫对许多热带、亚热带常绿果树开花有良好的诱导效果,但不同果树因生长特性不同诱导效果也有差异。单独干旱胁迫对柚子、柑桔、柠檬开花都有诱导效果,其不仅可以促进正常的开花,而且可以诱导反季节开花,同时还可以提高花的数量。水分胁迫能大大增加柠檬的花数,而且花数与水分胁迫的强度及胁迫时间呈正相关,稳定胁迫比周期性胁迫诱导效果更好。干旱处理能增加柚子的花序数、花蕾数及开花数,而且在一定程度上干旱处理时间越长效果越好^[13]。金柑和四季桔本身即具有 1 年开多次花的特性,干旱胁迫是诱导其

开花良好的环境条件。在芒果上虽然单独水分胁迫不能诱导开花,但在正常花芽分化期低温存在时进行诱导也可以使开花期提前,开花量增加^[31]。虽然水分胁迫不能取代低温作为鳄梨和荔枝开花诱导的必需因素,也不能诱导其开花,但却可以降低或阻止它们的营养生长。在柠檬上虽然单有低温可以诱导开花,但诱导效果较差,而在同时有水分胁迫时则诱导效果较好^[1]。温带果树由于有足够的低温诱导一般不需要干旱胁迫,但就效果来讲干旱对部分品种也有促花的作用,如苹果于 7 月底左右花原基形成后进行干旱胁迫也可诱导二次开花,但对实际生产意义不大^[32]。目前利用控水来诱导开花的技术主要在热带、亚热带常年气温较高地区的果树上应用,其中在金柑、四季桔及柠檬的生产上被广泛采用,具有很好的效益^[2,3]。虽然水分胁迫是许多果树开花起始的有效外界刺激,能诱导花芽分化,但随后花的生长却要求有充足的水分供应,否则会延缓花的发育,降低花的质量。

6 干旱胁迫的时间及强度

干旱胁迫的时间因果树品种而异,一般诱导效果随诱导时间延长而增加;就强度而言以中等干旱为宜,即造成胁迫但又不伤害果树。Gusolsatit 等认为诱导柑桔开花的最低水分胁迫强度为黎明前叶片水势 -0.78 MPa 或下午叶片水势 -2.75 MPa,对应的相对含水量分别为 80.8% 和 70.0%,强度的干旱对树的生长有害^[33]。

就诱导时间来看,不同种类、品种的果树差别较大,中等或强度干旱持续 2 周可诱导酸橙开花,诱导时间越长干旱强度越大则效果越明显,但过度的干旱会导致落叶并影响随后的开花^[34]。研究表明强度干旱胁迫(-1.5 ~ -2.0 MPa)诱导柑桔开花的枝节数较中度干旱(-0.5 ~ -1.0 MPa)降低约 1/3^[9]。而开花期间遭受干旱胁迫则会严重影响花的发育,导致花器官发育不良。我国金柑控水时期选择新叶已转绿新梢尚未硬化时开始,四季桔则在新梢已硬化时开始。为保证春节果实着色,金柑一般在处暑前 7 ~ 10 d 开始控水,而四季桔则在大暑前 7 ~ 10 d。控水强度为使叶片发生卷曲为限,然后施少量水使之复原,并配合每天叶面喷水 2 ~ 3 次,浇水的同时根据实际情况配合施肥。控水时间金柑约 1 周左右而四季桔则需近 1 个月^[2]。

7 研究展望

虽然干旱可诱导几乎所有的果树发生生理生化过程的变化,但其只能诱导部分种类的果树开花,而不能诱导所有果树开花,这进一步说明果树的开花是一个复杂的过程,内部有多个生理生化过程的参与,单纯营养、激素的变化或营养生长的减弱并不能确保成花。目前的成花学说中的营养学说、激素平衡学说、基因学说等都能在一定程度上解释开花的机理,但不能够彻底解释

成花的全部过程。在今后干旱诱导成花的研究中还应该重点进行以下几方面的研究: 诱导过程中物质的变化与成花的关系; 不同物质间的相互关系, 如激素与养分的关系, 二者与基因控制的关系; 不同种类或不同品种的果树对干旱胁迫不同反应的内在机理; 干旱胁迫的具体操作过程, 胁迫期间养分的管理措施, 反季节多次开花栽培中养分的管理措施以及其与正常一次开花的差异等。同时需要在研究的基础上逐步形成成熟的技术用以指导生产, 改善果品生产的时间结构, 以提高经济效益。

参考文献

- [1] Chaikiattiyos S, Merzel C M, Rasmussen T S. Floral induction in tropical fruit trees: effects of temperature and water supply[J]. Journal of Horticultural Science, 1994, 69(3): 397-415.
- [2] 刘洪坤. 柑桔类果树的盆栽技术[J]. 西南园艺, 2002, 30(1): 37-38.
- [3] Barbera G, Lo Cascio B, Fatta del Bosco G. Effects of water stress on lemon summer bloom: the "Forzatura" technique in the Sicilian citrus industry[J]. Acta Horticulturae, 1985, 171: 391-397.
- [4] 张承林, 付子斌. 水分胁迫对荔枝幼树根系与梢生长的影响[J]. 果树学报, 2005, 22(4): 339-342.
- [5] 谷瑞升, 郝荣庭. 水分胁迫对早实核桃生长和结果的影响[J]. 林业科学, 1994, 30(1): 79-81.
- [6] Koshita Y, Takahara T. Effect of water stress on flower-bud formation and plant hormone content of satsuma mandarin[J]. Scientia Horticulturae, 2004, 99(3/4): 301-307.
- [7] 樊卫国, 刘国琴, 何高涛. 等. 刺梨对土壤干旱胁迫的生理响应[J]. 中国农业科学, 2002, 35(10): 1243-1248.
- [8] 程福厚, 李绍华, 孟昭清. 调亏灌溉条件下鸭梨营养生长、产量和果实品质反应的研究[J]. 果树学报, 2003, 20(1): 22-26.
- [9] Goell A, Golomb A, Kalmar D, et al. Moisture stress: a potent factor for affecting vegetative growth and tree size in citrus[A]. Proceedings of the International Society of Citriculture, Volume 2[C]. Shimizu, Japan: Fruit Tree Research Station, 1983: 503-506.
- [10] Vu J C V, Yelenosky G. Water deficit and associated changes in some photosynthetic parameters in leaves of "Valencia" orange[J]. Plant Physiology, 1988, 88(2): 375-378.
- [11] Li T H, Li S H. Leaf responses of micropropagated apple plants to water stress: nonstructural carbohydrate composition and regulatory role of metabolic enzymes[J]. Tree Physiology, 2005, 25(4): 495-504.
- [12] Vu J C V, Yelenosky G. Non-structural carbohydrate concentrations in leaves of "Valencia" orange subjected to water deficits[J]. Environmental and Experimental Botany, 1989, 29(2): 149-154.
- [13] Nakajima Y, Susanto S, Hasegawa K. Influence of water stress in autumn on flower induction and fruiting in young pomelo trees[J]. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 1993, 62(1): 15-20.
- [14] Wang Z, Quebdeux B, Stutte G W. Partitioning of [^{14}C] glucose into sorbitol and other carbohydrates in apple under water stress[J]. Australian Journal of Plant Physiology, 1996, 23(3): 245-251.
- [15] Wang Z, Quebdeux B, Stutte G W. Osmotic adjustment: effect of water stress on carbohydrates in leaves, stems and roots of apple[J]. Australian Journal of Plant Physiology, 1995, 22(5): 747-754.
- [16] Wang Z, Stutte G W. The role of carbohydrates in active osmotic adjustment in apple under water stress[J]. Journal of the American Society for

Horticultural Science, 1992, 117(5): 816-823.

- [17] Nevin J M, Lovatt C J. Demonstration of ammonia accumulation and toxicity in avocado leaves during water-deficit stress[J]. Yearbook, South African Avocado Growers' Association, 1987, 10: 51-54.
- [18] Lovatt C J, Zheng Y S, Hake K D. Demonstration of a change in nitrogen metabolism influencing flower initiation in Citrus[J]. Israel Journal of Botany, 1988, 37(2/4): 181-188.
- [19] Rabe E. Stress physiology: the functional significance of the accumulation of nitrogen-containing compounds[J]. Journal of Horticultural Science, 1990, 65(3): 231-243.
- [20] Lovatt C J, Sarge O, Ali A G. Ammonia and/or its metabolites influence flowering, fruit set, and yield of the Washington Navel orange[A]. Proceedings of the International Society of Citriculture, Volume 1. Taxonomy, breeding and varieties, rootstocks and propagation, plant physiology and ecology[C]. Catania, Italy: International Society of Citriculture, 1994: 412-416.
- [21] 刘学师, 任小林, 苗卫东, 等. 游离脯氨酸与植物抗旱性[J]. 河南职业技术师范学院学报, 2002(3): 35-37.
- [22] 周卫, 孙庆杰, 张楚富, 等. 不同耐盐性水稻幼苗根氨同化酶对盐胁迫的反应[J]. 植物学报(英文版), 2004, 46(8): 921-927.
- [23] 杨洪强, 接玉玲. 多胺与果树生长发育的关系[J]. 山东农业大学学报, 1996, 27(4): 514-520.
- [24] Nakajima Y, Susanto S, Hasegawa K. Influence of water stress in autumn on flower induction and fruiting in young pomelo trees[J]. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 1993, 62(1): 15-20.
- [25] 陈杰忠, 赵红业, 叶自行. 水分胁迫对芒果成花效应及内源激素变化的影响[J]. 热带作物学报, 2000(6): 74-79.
- [26] Robinson T L, Barritt B H. Endogenous abscisic acid concentrations, vegetative growth, and water relations of apple seedlings following PEG-induced water stress[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1990, 115(6): 991-999.
- [27] 何绍兰, 邓烈, 李宜琴, 等. 促抑花处理对柑桔花芽分化期 N 素和氨基酸代谢的影响[J]. 西南农业大学学报, 1995, 17(6): 501-505.
- [28] Gomes M, Lagoa M A, Medina C L, et al. Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange trees submitted to drought stress[J]. Brazilian Journal of Plant Physiology, 2004, 16(3): 155-161.
- [29] 罗小敏, 张迎迎, 崔妍. 甜菜碱在植物抗渗透胁迫中的功能及其作用机制[J]. 河北林果研究, 2003, 18(4): 384-388.
- [30] Gao X, Pan Q, Li M, et al. Abscisic acid is involved in the water stress-induced betaine accumulation in pear leaves[J]. Plant and Cell Physiology, 2004, 45(6): 742-750.
- [31] Nunez E R, Davenport T L. Flowering of mango trees in containers as influenced by seasonal temperature and water stress[J]. Scientia Horticulturae, 1994, 58(1-2): 57-66.
- [32] Jones H G. Repeat flowering in apple caused by water stress or defoliation[J]. Trees, 1987, 1(3): 135-138.
- [33] Gusolsatit T, Suriyapanant V, Veerasam V, et al. Effect of water stress on physiological process and flowering of mandarin (Citrus reticulata Blanco) cv. Shogun[A]. Proceedings of 41st Kasetsart University Annual Conference[C]. Bangkok, Thailand: Kasetsart University, 2003: 77-84.
- [34] Southwick S M, Davenport T L. Modification of the water stress-induced floral response in "Tahiti" lime[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1987, 112(2): 231-236.

珍稀观赏树种七叶树的研究现状与展望

李 鹏 丽¹, 时 明 芝², 王 绍 文¹

(1. 聊城大学 农学院, 山东 聊城 252059; 2. 聊城大学 生命科学学院, 山东 聊城 252059)

摘 要:综述了七叶树的形态特征与生物学特性、引种栽培、无性繁殖技术与病虫害防治、药理分析及化学成分等方面的研究现状, 同时对其广泛的开发利用前景进行了展望, 为今后这一珍稀观赏树种种质资源的保护、开发和进一步的利用提供一些理论上的借鉴。

关键词:七叶树; 生物学特性; 引种栽培; 病虫害防治

中图分类号:S 687 **文献标识码:**A **文章编号:**1001—0009(2009)09—0115—04

七叶树(*Aesculus chinensis* Bge)又名娑罗树, 为七叶树科七叶树属的落叶乔木。因叶片掌状复叶, 小叶 5~9 片, 常为 7 片而得名。我国已将其列为珍稀的庭院绿化树种之一, 和雪松、金钱松、鹅掌楸同列为世界著名观赏树种, 又与悬铃木、椴树、榆树同列为世界四大优美行道树种^[1]。

1 七叶树的形态特征与生物学特性

1.1 七叶树的形态特征

七叶树树体高大, 高达 25~40 m, 树干通直, 树皮灰褐色片状剥落。枝条交互对生, 小枝粗壮, 叶痕及冬芽

呈三角形, 顶芽肥大, 外包有多层鳞片。复叶掌状对生, 叶片纸质, 小叶倒卵状长椭圆形或长椭圆状披针形, 长 9~16 cm, 宽 3~5.5 cm, 先端渐尖, 基部楔形, 叶缘有细密锯齿, 叶背面仅脉上有疏生绒毛, 侧脉 13~17 对, 小叶叶柄长 5~17 mm, 总叶柄长 5~18 cm。直立密集圆锥花序或总状花序顶生, 长 30~45 cm, 总轴粗状; 花小, 白色微红, 杂性同株, 两性花生于花序基部, 雄花生于花序顶部; 花萼筒形 4~5 裂, 花瓣 4, 不等大, 白色, 上面 2 瓣常有桔红色或黄色斑纹, 雄蕊 7 个^[1,2]; 子房上位, 3 室, 每室有胚珠 2~3 个。蒴果, 圆球形或扁球形, 径 1~3 cm, 顶端稍平, 褐黄色, 皮孔凸起。种子 1~2 粒, 扁球形, 形如板栗, 种脐大, 表面润滑, 具光泽。花期 5 月, 果期 9~10 月, 11 月中下旬落叶。

1.2 七叶树的生物学特性

七叶树为中性深根性树种, 萌芽力强, 喜光但对光照要求不强, 稍耐阴, 怕烈日, 喜温暖湿润气候, 在深厚肥沃、排水良好、湿润疏松的酸性或中性土壤中长势良好。适应能力较弱, 但较耐寒, 在瘠薄及积水地上生长

第一作者简介: 李鹏丽(1984), 女, 山西吕梁人, 在读硕士, 研究方向园林植物与观赏园艺。E-mail: lipengli880307@163.com。
通讯作者: 时明芝(1964), 女, 本科, 教授, 现从事林果花卉的良种选育, 种苗繁殖及其栽培技术研究工作。E-mail: shimingzhi@lcu.edu.cn。
基金项目: 山东省教育厅科技攻关资助项目(J07YG08)
收稿日期: 2009—04—05

Effects of Water Stress on Floral Induction, Physiological and Biochemical Properties of Fruit Trees

TANG Long-xiang, KANG Shao-jie, LI Wen-qing
(College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018, China)

Abstract: Water stress is an effective floral induction for some tropical and subtropical fruit trees and its effects on flower induction and on physiological and biochemical properties of fruit trees were discussed in this paper. It was concluded that water stress could slow the vegetative growth obviously, affect the content of carbohydrates and nitrogenous compounds, adjust the auxin content and effectively induce flowering in some kind of fruit trees. The inducing time and intensity of water stress and problems need to be solved in the later study were also discussed.

Key words: Water stress; Fruit tree; Flowering; Physiology; Biochemistry