

非洲菊切花弯茎影响因素研究进展

王 晰¹, 徐 哲², 赖齐贤¹, 陈 雯^{1,*}

(¹浙江农林大学农业与食品科学学院, 浙江省农产品品质改良技术研究重点实验室, 浙江临安 311300; ²杭州少年儿童公园, 杭州 310008)

摘 要: 非洲菊 (*Gerbera jamesonii*) 切花采后易出现弯茎现象, 造成瓶插寿命缩短, 观赏价值下降。非洲菊弯茎的发生受到其内在因素和外界环境的综合调控。从非洲菊花茎组织结构、物质代谢、导管堵塞、植物激素等方面对弯茎影响因素进行了综述, 并在此基础上对进一步探讨弯茎影响因素之间的联系及其分子调控机制提出了展望。

关键词: 非洲菊; 切花; 采后; 弯茎

中图分类号: S 682.1

文献标志码: A

文章编号: 0513-353X (2015) 09-1771-10

Research Progress in Influence Factors of Stem Bending of Cut Gerbera Flower

WANG Xi¹, XU Zhe², LAI Qi-xian¹, and CHEN Wen^{1,*}

(¹The Key Laboratory for Quality Improvement of Agricultural Products of Zhejiang Province, School of Agriculture and Food Science, Zhejiang Agriculture & Forestry University, Lin'an, Zhejiang 311300, China; ²Hangzhou Children's Park, Hangzhou 310008, China)

Abstract: Stem bending often occurs during the postharvest period of gerbera (*Gerbera jamesonii*) flowers, and is a major reason for postharvest loss of gerbera flowers. It has been reported that stem bending of cut gerbera flowers is coordinately regulated by various endogenous and exogenous cues. This paper reviewed the regulatory roles of four important factors of stem bending, including scape organization structure, substance metabolism, xylem blockage, as well as plant hormones. Based on this, the prospects in the future research on the relationship between influence factors and molecular mechanism of stem bending of cut gerbera flowers were also discussed.

Key words: gerbera; cut flower; postharvest; stem bending

非洲菊 (*Gerbera jamesonii*) 栽培品种众多, 花朵硕大, 花色丰富, 花枝产量高。非洲菊切花的品质包括花形、花盘大小、花茎质量和瓶插寿命等, 瓶插寿命取决于花瓣萎蔫状况和花茎弯曲程度。非洲菊切花的弯茎现象 (stem bending) 发生普遍 (Perik et al., 2012), 并且往往先于花瓣的萎蔫发生, 是切花瓶插寿命的限制性因素, 也是导致采后损耗的重要原因。

收稿日期: 2015-08-07; **修回日期:** 2015-09-06

基金项目: 浙江省教育厅科研项目 (Y201432464); 浙江省自然科学基金项目 (LY13C150005); 浙江农林大学科研发展基金项目 (2014FR010)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: askcw2005@163.com)

对于非洲菊弯茎机理的广泛研究始于 20 世纪 60—70 年代。最早的研究认为, 瓶插液中以细菌为主的微生物造成了木质部导管堵塞, 是导致非洲菊切花弯茎的主要原因 (Penningfeld & Forchthammer, 1966; van Meeteren, 1978a, 1978b)。随后又发现, 非洲菊切花弯茎与花茎缺乏机械支持力相关, 特别是木质部细胞壁厚度不够, 以及花茎上部缺乏厚壁组织, 致使花茎无法支撑花头而发生弯茎 (Steinitz, 1982, 1983; Dubuc-Lebreux & Vieth, 1985; Marousky, 1986; Yoon et al., 1996)。Mencarelli 等 (1995) 研究发现, 非洲菊切花的弯茎也受到乙烯的调控。此后, 赤霉素对非洲菊弯茎的影响也被报道 (Emongor et al., 2004)。自 21 世纪以来, 越来越多的研究发现, 非洲菊弯茎的发生是一个复杂的生理过程, 除了以上提及的因素, 还受到瓶插过程中物质代谢、水分平衡, 甚至采后时间等多种因素的综合调控。

1 非洲菊切花采后弯茎的特征

非洲菊切花的弯茎现象一般发生在花茎的特定区域, 通常集中在距花冠基部 8 ~ 15 cm 的区段。对于不同的非洲菊品种, 弯茎的发生区域略有不同。例如 ‘Oprah’ 的弯茎部位发生在距花冠基部的 8 ~ 12 cm 区域 (廖立新 等, 2003), 而另一品种 ‘Tamara’ 则易发生在距花冠基部 10 ~ 15 cm 处 (Perik et al., 2012)。在其他一些品种中也有在靠近花冠基部约 0 ~ 5 cm 的区域发生弯曲的报道 (Steinitz, 1982), 即弯头现象 (neck bending)。然而, 弯头现象发生的频率远低于弯茎, 且弯头不会与弯茎同时发生。

非洲菊不同品种在弯茎发生时间和弯茎率方面往往存在较大差异 (Ferrante et al., 2007; 吕长平等, 2011)。Ferrante 等 (2007) 对非洲菊的 20 个切花品种在瓶插期的弯茎情况进行了比较, 发现 ‘Dame Blanche’、‘Olinia’、‘Dino’、‘Sensation’ 和 ‘Venice’ 5 个品种弯茎率高达 100%, 而 ‘Zembla’、‘Dalma’、‘Mammut’ 和 ‘Lindessa’ 4 个品种不发生弯茎, 后者的瓶插寿命不受弯茎发生的影响, 仅由舌状花瓣的萎蔫程度决定。在瓶插寿命方面, ‘Miria’ 发生弯茎最早, 约为瓶插 5 d, 而 ‘Lindessa’ 最晚, 约为瓶插第 23 天。吕长平等 (2011) 对 13 个非洲菊切花品种进行了瓶插寿命比较, 也获得品种间弯茎现象差异显著的相似结论。

2 花茎组织结构对非洲菊切花采后弯茎的影响

2.1 机械组织

非洲菊切花弯茎的发生取决于弯茎部位的机械组织和疏导组织的特征。已有研究表明, 弯茎现象的产生, 与不同品种之间花茎的生理结构, 以及同一个花茎的不同区域的生理结构有关 (冯会 等, 2006; 吕长平等, 2011; Perik et al., 2012)。机械组织是对植物起主要支持作用的组织, 具有抗压、抗张、抗弯曲的能力, 由厚角组织 (collenchyma) 和厚壁组织 (sclerenchyma) 组成 (牛玉璐 等, 2001)。目前, 对弯茎机理的相关研究包括比较不同品种间或花茎不同部位之间机械组织的形态和分布特点, 以及纤维素与木质素含量的差异等 (Marousky, 1986; Yoon et al., 1996; Ferrante et al., 2007; 吕长平等, 2011; Perik et al., 2012)。

茎秆中厚角组织的多寡是造成品种间弯茎发生差异的重要因素。例如, 比较油菜抗倒伏和不抗倒伏品种的茎秆解剖结构得知, 皮层内具有较多的厚角组织是油菜抗倒伏的原因之一 (李尧臣 等, 2010)。吕长平等 (2011) 比较了非洲菊易弯茎品种 ‘一点红’ 和不易弯茎品种 ‘红地毯’ 的花茎结

构特点, 扫描电镜观察弯茎部位以及其上、下区域的解剖结构发现, 易弯茎非洲菊品种‘一点红’皮层较薄, 厚角组织很少, 说明不同品种间厚角组织的发达程度影响弯茎的发生。

对百合、月季和菊花等的研究表明, 木质素含量是茎秆硬度的一个重要指标。在东方百合中, 生长过程中木质素含量的变化造成了两个品种间抗弯茎性状的不同(李晓荣 等, 2009)。多头切花菊耐弯茎品种‘H5’的维管束结构比例、木质素含量、木质素合成路径关键基因 *CgCOMT* 表达量都比易弯茎品种‘QX101’高(吕国胜, 2011)。月季切花中, 早期保持花头直挺主要依赖于花茎细胞的膨压, 而在后期主要依赖于木质素含量(Halevy et al., 1974; Mayak et al., 1974; Parups & Voisey, 1976; Zieslin et al., 1989)。对于非洲菊弯茎机理的研究也发现了类似的结论, 木质素含量和厚壁组织的分布可影响弯茎发生率, 及弯茎发生的区域。在非洲菊花茎中, 花头以下的 0 ~ 15 cm 的区域几乎不含厚壁组织; 花茎 15 ~ 20 cm 区段仅含少量厚壁组织, 并且仅在花茎的一侧发现; 直到花茎 20 cm 以下的区域才发现完整的圆柱体状的厚壁组织; 木质素的含量从花头到花茎基部逐渐增加, 与厚壁组织的分布一致, 这也解释了非洲菊切花的弯茎通常不发生在 20 cm 以下的区域的现象; 而比较同一个品种中发生弯茎和未发生弯茎的个体, 前者花茎中木质素含量明显低于后者, 也证明了厚壁组织和木质素含量是影响非洲菊弯茎发生的重要因素(Perik et al., 2012)。

非洲菊花茎中另一个决定细胞壁机械强度的重要因素是纤维素。纤维素是组成植物体内主要支持骨架的成分之一, 其分布和含量可影响弯茎的发生区域。廖立新等(2003)研究了非洲菊弯茎区域及其上、下区域中的粗纤维素含量。研究结果发现, 弯茎区域和上部茎段粗纤维含量无显著差异, 但都远低于下部, 说明该区域易发生弯茎与其粗纤维含量偏低具有一定的联系。

2.2 输导组织

输导组织对于维持植物茎秆的膨压及支撑力度具有重要的作用(牛玉璐 等, 2003)。近年来对非洲菊花茎的解剖结构研究发现, 输导组织中维管束的面积与分布情况, 特别是维管束中的导管直径和导管穿孔数等, 都会影响非洲菊切花采后弯茎的发生(冯会 等, 2006; 吕长平等, 2011)。

冯会等(2006)比较了非洲菊易弯茎和不易弯茎品种的花茎结构后发现, 不易弯茎品种的维管束面积、薄壁细胞面积、导管直径和导管穿孔数均大于易弯茎品种, 这些特征有利于加强水分输送能力、导管支持力以及贮藏水分的能力等, 同时也增强了花茎膨压和支持力。吕长平等(2011)指出, 不易弯茎非洲菊品种花茎内维管束排列较易弯茎品种紧密; 两个品种的弯茎上部、弯茎部和弯茎下部区域的维管束面积由下向上逐渐依次减少, 解释了中上部区域较下部区域支持力小的原因; 同时, 不易弯茎品种的这 3 个区域的大、小维管束相间分布, 而易弯茎品种的上部区域只观察到大维管束, 小维管束退化甚至消失, 这也导致了易弯茎品种在瓶插过程中水分运输逐渐受阻, 进而导致花茎膨压减弱。

3 花茎物质代谢对非洲菊切花采后弯茎的影响

3.1 水分代谢和细胞壁物质分解

植物细胞内的膨压是维持茎秆直立的重要因素, 而膨压的大小依赖于植物体内水分代谢平衡。由各种因素引起的水分代谢失调是导致切花萎蔫, 进而商品价值大幅下降的重要原因(Ahmad et al., 2011; Liu et al., 2013)。对月季弯茎现象的研究发现, 花蕾下幼嫩茎秆的失水会降低细胞膨压, 导致花茎在花蕾的重力作用下发生弯茎(Burdett, 1970)。

在瓶插过程中,非洲菊切花的吸水速率在瓶插初期即可迅速下降到瓶插前的 20% 左右,而蒸腾速率降幅较小,导致了切花水分的净损失;同时,花盘的鲜质量在瓶插前期上升,中后期几乎保持不变,而花茎的鲜质量仅仅在瓶插初期略微上升,随后显著下降;因此,非洲菊切花在瓶插阶段的水分净损失几乎只限于花茎,造成了花茎膨压的减小,在花盘相对质量增加的情况下会引起弯曲甚至折断 (Perik et al., 2012)。此外,非洲菊切花不同茎段的水分损失也存在差异,弯茎发生部位的水分净损失显著高于其他区段;在这个区域覆盖塑料袋可以有效防止水分蒸发,明显抑制弯茎的产生;因此,特定茎段的水分损失是造成弯茎的原因之一 (van Meeteren, 1978a, 1978b; Perik et al., 2012)。

植物的细胞壁是一种复杂的网状结构,由纤维素、半纤维素、果胶和少量结构蛋白等成分组成 (赵庆新 等, 2007)。在多数果实中,果实软化在很大程度上就是由于细胞壁水解引起 (王中凤 等, 2009)。迄今为止,在切花瓶插过程中关于细胞壁物质分解代谢的报道仍然较少。张洁 (2008) 指出,非洲菊切花花茎的纤维素含量在瓶插过程中是一个动态变化的过程,随着瓶插天数的增加,呈现出先下降,后上升,然后再下降的趋势,而纤维素酶活性保持直线上升;非洲菊花茎中的果胶物质以原果胶为主,在瓶插过程中原果胶含量降低,可溶性果胶含量增加,而多聚半乳糖醛酸酶、果胶酶活性在瓶插前期就快速上升。果胶物质的降解继而引起细胞壁交联网络的细孔扩大,导致细胞壁膨胀,使原果胶更容易受到酶的作用,原果胶分解进一步加剧,进而使得细胞壁结构被破坏,细胞壁机械强度下降,最终导致了切花弯茎的发生 (Redgwell et al., 1997)。

3.2 活性氧代谢

活性氧会造成细胞膜脂过氧化,破坏细胞膜完整性,降低细胞膜保水性,引起切花衰老 (Mayak et al., 1983; 朱诚 等, 1998)。吴岚芳等 (2003) 研究表明,当非洲菊花序发育成熟时,呼吸速率较高,呼吸链产生活性氧,并出现活性氧的第一个高峰,但此时活性氧清除酶超氧化歧化酶 (SOD)、过氧化氢酶 (CAT) 也处在较高水平,活性氧的产生与清除相对平衡;当非洲菊进入衰老时,呼吸速率逐渐下降,电子传递途径受阻,开始向抗氧呼吸转换,加速了活性氧的产生和积累,出现第二个活性氧高峰,与此同时 SOD 的活性急剧下降,活性氧代谢平衡遭到破坏;随着衰老的进程,活性氧对植物体内代谢破坏更明显,导致膜脂过氧化产物丙二醛 (MDA) 升高,电导率剧增,可溶性蛋白大量下降,加上呼吸对有机物的消耗,促进了非洲菊的衰老以及弯茎的产生。

廖立新等 (2003) 研究发现,非洲菊弯茎区域的上部茎段衰老进程较弯茎区域和弯茎下部茎段缓慢,可能与该区域过氧化物酶 (POD) 活性较高有关;高活性的 POD 有利于清除氧自由基,可减轻过氧化物对细胞膜造成的损伤,因此 POD 活性的升高可能与氧自由基产生增多有关;非洲菊瓶插后期 POD 活性迅速上升,说明此时可能存在氧自由基爆发,后者可能导致了弯茎发生。

4 花茎导管堵塞对非洲菊切花采后弯茎的影响

4.1 细菌性堵塞

通常,切花植物即使插于水中也会发生水分胁迫的现象 (Halvey & Mayak, 1979; van Doorn & Witte, 1994)。这种现象往往是由于切花花茎基部的导管堵塞,降低了花茎吸水速率造成的 (王荣华 等, 2009)。

在切花采后贮运和瓶插期间,切花茎末端切口处以细菌为主的微生物的大量滋生和集聚,可造

成月季(蔡永萍 等, 2000; Durkin et al., 2001; 龚津平 等, 2005; 黄新敏 等, 2012)、欧洲茼蒿(Louband & van Doorn, 2004)、香石竹(刘季平 等, 2014)等鲜切花采后寿命缩短。在非洲菊中, 早期的研究也发现了类似的现象: 阻止瓶插液中细菌的生长能够有效减少非洲菊切花弯茎的发生(Penningfeld & Forchhammer, 1966; van Meeteren, 1978a, 1978b; Jones and Hill, 1993; Liu et al., 2009), 而在瓶插液中添加细菌会诱导弯茎提前发生(van Doorn & de Witte, 1994)。因此, 瓶插液中的细菌数量通常被认为是影响非洲菊切花弯茎发生的重要因素之一。

细菌对于非洲菊切花的伤害作用, 主要是细菌群集于花枝基部造成物理堵塞, 也可能由于其引起腐烂而释放一些代谢物影响输导组织对水分的吸收(Anke & Clercx, 1989; 李宪章 等, 1994; 贺苏丹 等, 2009)。贺苏丹等(2009)对非洲菊切花花茎堵塞的解剖结构观察发现, 瓶插第2天即可见花茎下端的导管内有明显的堵塞物, 在第5天严重堵塞, 而花茎上、中部的导管中未发现堵塞物的存在; 这些堵塞物是由聚集密度很大的杆状细菌构成, 并随瓶插时间的延长, 密度不断增大。

4.2 生理性堵塞

也有学者指出, 木质化程度较低的花卉, 如菊花、寒丁子花、落新妇等, 其导管堵塞的主要原因是生理性堵塞, 而不是微生物堵塞(Loubaud & van Doorn, 2004)。在非洲菊中, 最新的研究也发现弯茎与细菌数量的关系并不密切。de Witte 等(2014)将多种抗菌剂使用在非洲菊瓶插液中, 发现部分抗菌剂对非洲菊弯茎没有抑制效果; 瓶插液中的细菌数量和弯茎发生的相关性较低, 而与水分的吸收相关性较高, 推测可能是由于花茎基部死亡细胞分泌的物质进入木质部而发生物理堵塞, 显著降低了花茎的吸水量和花茎的膨压。

关于生理性堵塞的机制仍然不清楚, 但研究表明 POD 和儿茶酚氧化酶(catechol oxidase)可能参与了伤口诱导的木质部栓塞(Loubaud & van Doorn, 2004)。在类似于花枝剪切等伤害诱导下, POD 和儿茶酚氧化酶能够促进木质素和木栓素的积累(Botella et al., 1994; Okey et al., 1997; Blee et al., 2001)。这种积累促进了木质部导管空腔中侵填体的产生, 导致严重的维管束堵塞(Smith et al., 1994; Tyree & Zimmermann, 2002)。

5 植物激素对非洲菊切花采后弯茎的影响

5.1 乙烯

根据花卉植物衰老过程中花瓣乙烯的大量生成与否, 通常可将花卉植物划分为乙烯跃变型、非乙烯跃变型和末期上升型3个类型(高俊平 等, 1997)。乙烯和乙烯抑制剂对不同乙烯变化类型切花品种的开花和衰老进程具有不同的影响效果(蔡蕾 等, 2002)。

目前关于乙烯是否参与非洲菊切花的衰老进程仍然没有统一的定论。一些学者认为非洲菊对乙烯不敏感, 为非跃变型切花, 外源乙烯处理对非洲菊切花的影响不大(高俊平 等, 1995; 吴岚芳 等, 2003; 王凤兰 等, 2011)。有的学者则认为乙烯能够促进非洲菊切花弯茎的发生, 且非洲菊切花对乙烯的敏感性与品种有关。盛爱武等(2003)报道, 非洲菊切花中, ‘Nevada’、‘Jamilla’、‘Ruby Red’和‘Funda’等4个品种对乙烯敏感, ‘Rosabdl’对乙烯略敏感, 而其余8个品种‘Goofy’, ‘California’, ‘Tiffany’, ‘Gloria’, ‘Fosula’, ‘Carlina’, ‘Ansofie’和‘Dolcevita’对乙烯不敏感; 高浓度乙烯处理可使所有测试品种的瓶插寿命缩短, 弯茎加剧; 低浓度乙烯只对乙烯敏感型品种有显著促进衰老的作用; 乙烯作用抑制剂 STS 处理可以大大提高乙烯敏感型品种的瓶插寿命, 有

效延缓了弯茎的发生。与之相反,另一些学者研究发现乙烯对于非洲菊弯茎具有抑制作用。采用 $100 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 乙烯处理非洲菊 ‘Olina’ (Ferrante et al., 2007), 或往非洲菊 ‘Testarossa’ 茎杆中注射乙烯合成前体 ACC (Gerasopoulos & Chebli, 1998), 都能有效延缓弯茎的发生;同时,乙烯处理提高了木质素单体合成相关酶 PAL 的活性,促进了木质素合成,从而增加了花茎的坚固性 (Gerasopoulos & Chebli, 1998)。此外,还有学者报道非洲菊切花的弯茎也与自身乙烯生物合成相关,非洲菊切花弯茎品种的乙烯生成量显著高于非弯茎品种 (Mencarelli et al., 1995)。

5.2 赤霉素

赤霉素对于非洲菊、香石竹和百合等多种切花具有延缓衰老的作用 (Emongor et al., 2004; 张秋菊 等, 2005; 刘丽 等, 2009; 王凤兰 等, 2011)。赤霉素可以显著提高切花含水量,提高可溶性糖含量,延缓蛋白质含量的下降,减轻膜脂的过氧化而延缓花瓣的衰老,延长切花瓶插寿命 (王凤兰 等, 2011)。

研究表明,利用适宜浓度的赤霉素对非洲菊切花品种进行处理,能够有效维持瓶插阶段的花枝鲜质量和花茎吸水量;同时,赤霉素处理降低了花茎的干物质含量,这是由于赤霉素具有促进淀粉和果聚糖水解并产生葡萄糖和果糖的作用;花茎中葡萄糖和果糖含量的增加可以提高花茎的渗透势,从而增加了花茎细胞中水分的进入,维持了细胞的膨压;较高的膨压能有效抑制弯茎的发生,显著延长了瓶插寿命 (Emongor et al., 2004; Danaee et al., 2011)。

冯会等 (2010) 指出,赤霉素延缓非洲菊衰老的作用可能与改善细胞质膜的活性氧代谢有关,GA₃ 处理可以提高和维持活性氧清除酶 SOD、POD 活性,减缓 MAD 在体内的生成,延缓蛋白质降解,因此能较好清除非洲菊体内自由基,抑制膜脂过氧化,较好地维持膜透性。

6 结语

非洲菊切花瓶插时期常常发生弯茎现象,成为其采后利用的一大难题。本文中总结了近年来关于非洲菊切花采后弯茎的相关文献,对影响弯茎产生的主要因素进行了阐述,将其归纳如图 1。

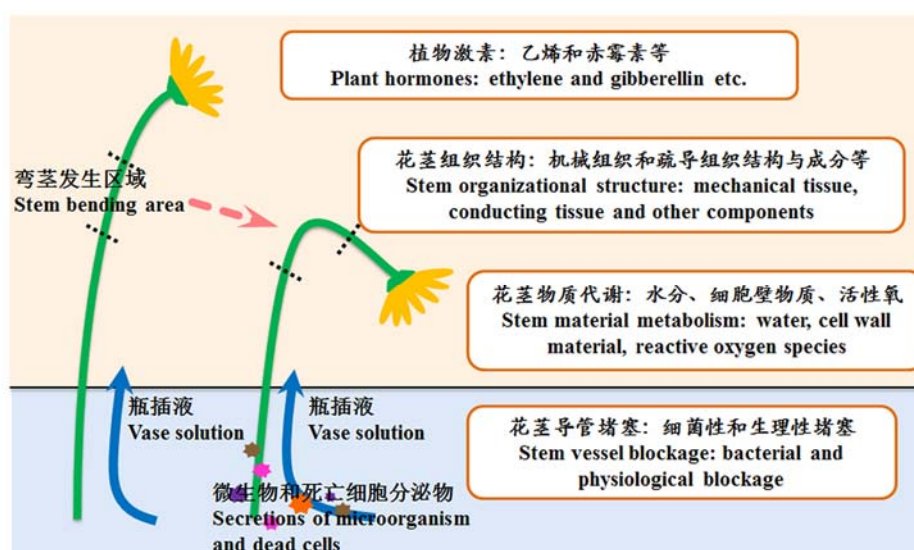


图 1 非洲菊切花采后弯茎现象主要影响因素图示

Fig. 1 Key factors of stem bending of cut *Gerbera* flower

通常, 非洲菊各品种的弯茎发生时间和弯茎率大不相同, 为弯茎机理的研究提供了遗传资源。对易弯茎和不易弯茎品种花茎结构比较, 及对花茎弯茎区域和上、下部分区域的结构比较, 都说明了机械组织和输导组织的发达程度与弯茎的发生关系密切。非洲菊瓶插过程中, 花茎中发生多种代谢途径, 包括水分代谢、细胞壁物质代谢和氧化代谢等, 以及受到乙烯和赤霉素的调控, 导致弯茎进程的变化。此外, 非洲菊的花茎基部切口受到细菌侵害和生理堵塞的影响, 引起花茎的水分平衡失调。目前对导管堵塞起主要作用的是细菌性还是生理性堵塞仍然存在争议, 不同的研究结果是否和品种特异性有关, 还需要进一步研究证明。关于非洲菊弯茎发生的分子机理也几乎一片空白。

因此, 今后的研究方向应该在现有生理研究的基础上进一步深入, 探讨各因素之间的互作关系, 并逐步开展非洲菊弯茎发生的相关因素的分子机理研究, 开发出新型、高效、环保的保鲜剂, 以解决非洲菊切花的采后保鲜问题。

References

- Ahmad I, Joyce D C, Faragher J D. 2011. Physical stem-end treatment effects on cut rose and acacia vase life and water relations. *Postharvest Biology and Technology*, 59: 258 - 264.
- Anke C M, Clerckx B. 1989. Scanning electron microscopy of cut flowers of *Rosa* cv. Sonia and *Gerbera* cv. Fleur. *Acta Horticulturae*, 261: 97 - 105.
- Blee K A, Wheatley E R, Bonham V A, Mitchell G P, Robertson D, Slabas A R, Burrell M M, Wojtaszek P, Bolwell G P. 2001. Proteomic analysis reveals a novel set of cell wall proteins in a transformed tobacco cell culture that synthesises secondary walls as determined by biochemical and morphological parameters. *Planta*, 212: 404 - 415.
- Botella M A, Quesada M A, Medina M I, Pliego F, Valpuesta V. 1994. Induction of a tomato peroxidase gene in vascular tissue. *FEBS Lett*, 347: 195 - 198.
- Burdett A N. 1970. The cause of bent neck in cut roses. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 95: 427 - 431.
- Cai Lei, Zhang Xiao-hong, Shen Hong-xiang, Gao Jun-ping. 2002. Effects of ethylene and its inhibitors on flower opening and senescence of cut roses. *Acta Horticulturae Sinica*, 29 (5): 467 - 472. (in Chinese)
- 蔡 蕾, 张晓红, 沈红香, 高俊平. 2002. 乙烯对不同切花月季品种开花和衰老的影响. *园艺学报*, 29 (5): 467 - 472.
- Cai Yong-ping, Nie Fan, Zhang He-ying, Yu Hong-xiu. 2000. Influence of salicylic acid on vase life and physiological action of cut rose flower. *Acta Horticulturae Sinica*, 27 (3): 228 - 230. (in Chinese)
- 蔡永萍, 聂 凡, 张鹤英, 于红秀. 2000. 水杨酸对月季切花的保鲜效果和生理作用. *园艺学报*, 27 (3): 228 - 230.
- Danaee E, Mostofi Y, Moradi P. 2011. Effect of GA₃ and BA on postharvest quality and vase life of gerbera (*Gerbera jamesonii* cv. Good Timing) cut flowers. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 52 (2): 140 - 144.
- de Witte Y, Harkema H, van Doorn W G. 2014. Effect of antimicrobial compounds on cut *Gerbera* flowers: Poor relation between stem bending and numbers of bacteria in the vase water. *Postharvest Biology and Technology*, 91: 78 - 83.
- Dubuc-Lebreux M A, Vieth J. 1985. Histologie du pédoncule inflorescentiel de *Gerbera jamesonii*. *Acta Botanica Neerlandica*, 34: 171 - 182.
- Durkin D J, Put HM C, Clerkx A CM. 2001. The influence of vase water pretreatment on the accumulation of microparticles, microcompounds and bacterial cells on the cut surface xylem of *Rosa* cv. 'Kardinal' observed by SEM. *Gartenbauwissenschaft*, 66 (2): 93 - 101.
- Emongor V E. 2004. Effects of gibberellic acid on postharvest quality and vase life of gerbera cut flowers (*Gerbera jamesonii*). *Journal of Agronomy*, 3 (3): 191 - 195.
- Feng Hui. 2006. Study on bending mechanism and fresh-keeping technological of cut *Gerbera* flower [M. D. Dissertation]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University. (in Chinese)
- 冯 会. 2006. 非洲菊弯茎机理及保鲜技术研究 [硕士论文]. 福州: 福建农林大学学报.
- Feng Hui, Pan Dong-ming. 2010. Effects of GA₃ on the postharvest physiology of gerbera at different temperatures. *Northern Horticulture*, (5):

- 173 - 175. (in Chinese)
- 冯 会, 潘东明. 2010. 不同温度下 GA₃ 对非洲菊采后生理效应的影响. *北方园艺*, (5): 173 - 175.
- Ferrante A, Alberici A, Antonacci S, Serra G. 2007. Effect of promoter and inhibitors of phenylalanine ammonia lyase enzyme on stem bending of cut gerbera flowers. *Acta Horti*, 755: 471 - 476.
- Gao Jun-ping. 1995. Senescence of cut flower and ethylene. *Horticulture Annual Review*. Beijing: Science Press: 82 - 106. (in Chinese)
- 高俊平. 1995. 切花衰老和乙烯. *园艺学年评*. 北京: 科学出版社: 82 - 106.
- Gao Jun-ping, Zhang Xiao-hong, Huang Mian-jia, Ye Xin-min, Sun Zi-ran. 1997. A preliminary study on change patterns of ethylene production during flower opening and senescence in cut roses. *Acta Horticulturae Sinica*, 24 (3): 274 - 278. (in Chinese)
- 高俊平, 张晓红, 黄绵佳, 叶新民, 孙自然. 1997. 月季切花开花和衰老进程中乙烯变化类型初探. *园艺学报*, 24 (3): 274 - 278.
- Gerasopoulos D, Chebli B. 1998. Effects of scape-injected 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) on the vase life of 'Testarossa' cut gerberas. *American Society for Horticultural Science*, 123: 921 - 924.
- Gong Jin-ping, Li Shu-qin, Zhang Ji-lin, Zhao Fu-geng. 2005. Study of prolonged vase-holding life of fresh cut roses by the extracts of Chinese traditional medicine. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 28 (1): 29 - 33. (in Chinese)
- 龚津平, 李淑琴, 张纪林, 赵福庚. 2005. 桂皮、八角浸提液对玫瑰切花瓶插寿命的影响. *南京农业大学学报*, 28 (1): 29 - 33.
- Halevy A H, Mayak S. 1979. Senescence and postharvest physiology of cut flowers. Part I. *Hort Rev*, 1: 204 - 236.
- He Su-dan, Xiao De-xing, Liu Ji-ping, He Sheng-gen, Tu Shu-ping, Lü Pei-tao. 2009. Anatomical structure observation of stem blockage in cut gerbera flowers. *Acta Horticulturae Sinica*, 36 (7): 1077 - 1082. (in Chinese)
- 贺苏丹, 肖德兴, 刘季平, 何生根, 涂淑萍, 吕培涛. 2009. 非洲菊切花茎堵塞的解剖结构观察. *园艺学报*, 36 (7): 1077 - 1082.
- Huang Xin-min, Lin Qi-ling, Xian Xi-jin, Liu Ji-ping, Li Hong-mei, He Sheng-gen. 2012. Nano-silver treatments alleviated the harmful effects of exogenous ethylene on cut roses. *Acta Horticulturae Sinica*, 39 (4): 735 - 742. (in Chinese)
- 黄新敏, 林启灵, 洗锡金, 刘季平, 李红梅, 何生根. 2012. 纳米银对瓶插月季切花乙烯作用的拮抗效应. *园艺学报*, 39 (4): 735 - 742.
- Jones R B, Hill M. 1993. The effect of germicides on the longevity of cut flowers. *J Am Soc Hortic Sci*, 118: 350 - 354.
- Li Xian-zhang. 1994. Flower senescence and preservation of cut flowers. *Chinese Bulletin of Botany*, 11 (4): 26 - 32. (in Chinese)
- 李宪章. 1994. 花的衰老与切花保鲜. *植物学通报*, 11 (4): 26 - 32.
- Li Yao-chen, Gu Hui, Qi Cun-kou. 2010. Anatomical structures of root and stem of lodging resistance lines in *Brassica napus* L. *Jiangsu J Agr Sci*, 27 (1): 36 - 44. (in Chinese)
- 李尧臣, 顾 慧, 戚存扣. 2010. 抗倒伏甘蓝型油菜 (*Brassica napus* L.) 根和茎解剖学结构分析. *江苏农业学报*, 27 (1): 36 - 44.
- Liao Li-xin, Peng Yong-hong, Ye Qing-sheng. 2003. Neck-bending phenomena in cut gerbera flower. *Acta Horticulturae Sinica*, 30 (1): 110 - 112. (in Chinese)
- 廖立新, 彭永宏, 叶庆生. 2003. 非洲菊鲜切花弯茎部位及有关原因. *园艺学报*, 30 (1): 110 - 112.
- Liu D F, Liu X J, Meng Y L, Sun C H, Tang H S, Jiang Y D, Khan M A, Xue J Q, Ma N, Gao J P. 2013. An organ-specific role for ethylene in rose petal expansion during dehydration and rehydration. *Journal of experimental botany*, 64 (8): 2333 - 2344.
- Liu J P, He S G, Zhang Z Q, Cao J P, Lv P T, He S D, Cheng G P, Joyce D C. 2009. Nano-silver pulse treatments inhibit stem-end bacteria on cut gerbera cv. Ruikou flowers. *Postharvest Biol Technol*, 54: 59 - 62.
- Liu Ji-ping, Zhang Zhao-qi, Li Hong-mei, Xian Xi-jin, Huang Xin-min, He Sheng-gen. 2014. Nano-silver treatments alleviated bacterial blockage in cut carnation stems. *Acta Horticulturae Sinica*, 41 (1): 131 - 138. (in Chinese)
- 刘季平, 张昭其, 李红梅, 洗锡金, 黄新敏, 何生根. 2014. 纳米银处理减轻香石竹切花细菌性茎堵塞的研究. *园艺学报*, 41 (1): 131 - 138.
- Liu Li, Zeng Chang-li, Kang Liu-sheng, Xu Guo-quan. 2009. Effect of the 6-BA and GA₃ combinations on keeping fresh of cut lily flower. *Journal of Jiangnan University*, 37 (2): 102 - 105. (in Chinese)
- 刘 丽, 曾长立, 康六生, 许国权. 2009. 6-BA 和 GA₃ 配伍对百合切花保鲜效果的影响. *江汉大学学报*, 37 (2): 102 - 105.
- Louband M, van Doorn W G. 2004. Wound induced and bacteria-induced xylem blockage in roses, *Astilbe* and *Viburnum*. *Postharvest Biology and*

- Technology, 32: 281 - 288.
- Lü Guo-sheng. 2011. Studies on the relationship between lignin and bent neck and aphid resistance in spray cut chrysanthemum[M. D. Dissertation]. Nanjing: Nanjing Agricultural University. (in Chinese)
- 吕国胜. 2011. 木质素与多头切花菊弯茎及蚜虫抗性的相关性研究 [硕士论文]. 南京: 南京农业大学.
- Lü Chang-ping, Chen Hai-xia, Chen Chen-tian. 2011. The influence of anatomical structure of stem on vase life of cut *Gerbera* flower. Chinese Agricultural Science Bulletin: 27 (31): 99 - 104. (in Chinese)
- 吕长平, 陈海霞, 陈晨甜. 2011. 切花非洲菊花茎解剖构造对瓶插寿命的影响研究. 中国农学通报, 27 (31): 99 - 104.
- Marousky F J. 1986. Vascular structure of the gerbera scape. Acta Horticulture, 181: 399 - 406.
- Mayak S, Legge R L, Thompson J E. 1983. Superoxide radical production by microsomal membranes from senescing carnation flowers: An effect on membrane fluidity. Phytochemistry, 22 (6): 1375 - 1380.
- Mencarelli F, Agostini R, Botondi R, Massantini R. 1995. Ethylene production, ACC content, PAL and POD activities in excised sections of straight and bent gerbera scapes. The journal of horticultural science & biotechnology, 70 (3): 409 - 416.
- Neu Yu-lu. 2001. Specialization and functional adaptation of cell walls of plant tissue. Journal of Hengshui Normal College, 3 (1): 49 - 51. (in Chinese)
- 牛玉璐. 2001. 植物组织细胞壁的特化与功能的适应. 衡水师专学报, 3 (1): 49 - 51.
- Okey E N, Duncan E J, Sirju Charran G, Sreenivasan T N. 1997. Phytophthora canker resistance in cacao: Role of peroxidase, polyphenoloxidase and phenylalanine ammonia-lyase. J Phytopathol, 145: 295 - 299.
- Penningfeld F, Forchthammer L. 1966. Silbernitrat verbessert die Haltbarkeit geschnittener gerbera. Gartenwelt, 66: 226 - 228.
- Perik R R J, Razé D, Harkema H, Zhong Y, van Doorn W G. 2012. Bending in cut *Gerbera jamesonii* flowers relates to adverse water relations and lack of stem sclerenchyma development, not to expansion of the stem central cavity or stem elongation. Postharvest Biology and Technology, 74: 11 - 18.
- Redgwell R J, MacRae E, Hallett I, Fischer M, Perry J, Harker R. 1997. In vivo and in vitro swelling of cell walls during fruit ripening. Planta, 203 (2): 162 - 173.
- Sheng Ai-wu, Xie Xiao-rong, Cao Li. 2003. Ethylene sensitivity and preservation technology of cut gerbera varieties. Journal of Zhongkai Agrotechnical College, 16 (2): 26 - 31. (in Chinese)
- 盛爱武, 谢晓蓉, 曹 丽. 2003. 非洲菊切花品种的乙烯敏感性 & 保鲜研究. 仲恺农业技术学院学报, 16 (2): 26 - 31.
- Smith C G, Rodgers M W, Zimmerlin A, Ferdinando D, Bolwell G P. 1994. Tissue and subcellular immunolocalisation of enzymes of lignin synthesis in differentiating and wounded hypocotyl tissue of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Planta, 192: 155 - 164.
- Steinitz B. 1982. The role of sucrose in stabilization of cut gerbera flower stalks. Gartenbauwissenschaft, 47: 77 - 81.
- Steinitz B. 1983. The influence of sucrose and silver ions on dry weight, fiber and lignin content, and stability of cut gerbera flower stalks. Gartenbauwissenschaft, 48: 821 - 837.
- Tyree M T, Zimmermann M H. 2002. Xylem structure and the ascent of Sap. Berlin: Springer.
- van Doorn W G, de Witte Y. 1994. Effect of bacteria on scape bending in cut *Gerbera jamesonii* flowers. J Am Soc Hortic Sci, 19: 568 - 571.
- van Meeteren U. 1978a. Water relations and keeping quality of cut gerbera flowers. I. The cause of stem break. Scientia Hortic, 8: 65 - 74.
- van Meeteren U. 1978b. Water relations and keeping quality of cut Gerbera flowers. II. Water balance of ageing flowers. Scientia Hortic, 9: 189 - 197.
- Wang Feng-lan, Zhang Zhao-qi. 2011. Recent advances on senescence mechanism of cut flower petals. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 23 (5): 1063 - 1068. (in Chinese)
- 王凤兰, 张昭其. 2011. 切花花瓣衰老机理研究进展. 浙江农业学报, 23 (5): 1063 - 1068.
- Wang Rong-hua, Zhao Jing-wei. 2009. Research progress on the postharvest physiology and preservation technology of cut gerbera. Journal of Anhui Agri Sci, 37 (31): 15398 - 15404. (in Chinese)
- 王荣华, 赵警卫. 2009. 非洲菊切花采后生理 & 保鲜技术研究进展. 安徽农业科学, 37 (31): 15398 - 15404.
- Wang Zhong-feng. 2009. Research advancement in relation of enzymes for cell wall metabolism with fruit softening. Chinese Agricultural Science

- Bulletin, 25 (18): 126 - 130. (in Chinese)
- 王中凤. 2009. 细胞壁分解酶与果实软化的关系研究进展. 中国农学通报, 25 (18): 126 - 130.
- Wu Lan-fang, Huang Mian-jia, Cai Shi-ying. 2003. Studies on metabolism of active oxygen during senescence of cut gerbera. Acta Horticulturae Sinica, 30 (1): 69 - 73. (in Chinese)
- 吴岚芳, 黄绵佳, 蔡世英. 2003. 非洲菊切花活性氧代谢的研究. 园艺学报, 30 (1): 69 - 73.
- Yoon H S, Choi B J, Sang C K. 1996. The relationship between morphological characteristics and scape deformation of cut gerberas. Journal of the Korean Society for Horticultural Science (Korea Republic), 37 (4): 593 - 597.
- Zhang Jie. 2008. Effects of Ca^{2+} and CaM on the stem bending of cut *Gerbera jamesonii* flower [M. D. Dissertation]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University. (in Chinese)
- 张洁. 2008. Ca^{2+} 和 CaM 对非洲菊切花弯茎的影响 [硕士论文]. 福州: 福建农林大学.
- Zhang Qiu-ju, Han Ying. 2005. Effect of penicillin and gibberellin on fresh preservation of *Dianthus caryophyllus* cut flowers. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences, 31 (2): 170 - 172. (in Chinese)
- 张秋菊, 韩英. 2005. 青霉素和赤霉素对香石竹切花保鲜的生理效应. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 31 (2): 170 - 172.
- Zhao Qing-xin, Yuan Sheng. 2007. Research progress on plant cell wall. Bulletin of Biology, 42 (7): 8 - 9. (in Chinese)
- 赵庆新, 袁生. 2007. 植物细胞壁研究进展. 生物学通报, 42 (7): 8 - 9.
- Zhu Cheng, Liu Fei-yan, Guo Da-chu, Shen Li-xin. 1998. A preliminary study on ethylene production and lipid peroxidation in florescence and flower senescence of *Osmanthus fragrans* Lour. Acta Horticulturae Sinica, 25 (3): 275 - 279. (in Chinese)
- 朱诚, 刘非燕, 郭达初, 沈立新. 1998. 桂花开花和衰老过程中乙烯及脂质过氧化水平初探. 园艺学报, 25 (3): 275 - 279.

征订

欢迎订阅 2016 年《山西果树》

《山西果树》是由山西省农业科学院主管, 山西省农科院果树研究所主办的以科学研究和技术普及相结合的综合性果树科技期刊, 被中国期刊网、中国学术期刊 (光盘版)、中国期刊数据库、中国核心期刊 (遴选) 数据库、中文科技期刊数据库、北京龙源期刊网等多家网络和数据库收录。本刊为山西省一级期刊, 并先后荣获全国园艺类核心期刊奖、华北地区优秀期刊奖、全国优秀农业期刊奖、全国优秀农业专业技术期刊奖等。本刊设有试验研究、经验技术、调查建议、综论指导、来稿摘登、报刊摘引、咨询服务、国外果树科技、信息与广告等栏目, 主要报道果树科研新成果, 交流果树先进实用的管理经验与技术, 普及果树科学知识, 提供果树科技信息服务等, 内容丰富, 科学实用, 信息量大, 发行范围广, 是广大农林院校师生、果树科技工作者的良师益友, 是果农朋友发家致富的好帮手。本刊为双月刊, 16 开本, 64 页, 每逢单月 10 日出版, 每册定价 4.00 元, 全年 6 册共 24.00 元。国内外公开发行, 全国各地邮政局均可订阅, 邮发代号 22-17; 漏订者可直接汇款《山西果树》编辑部订阅, 免费邮寄, 需挂号者每寄 1 次另加挂号费 3.00 元, 统一订 6 套以上者免收挂号费。

本刊地址: 山西省太原市龙城大街 79 号 山西省农业科学院果树研究所《山西果树》编辑部, 邮编: 030031, 电话: 0351-7639463 (兼传真)、7639464, 电子信箱: sxgszss@163.com (编辑部), sxgszss@126.com (广告部)。