

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2018.07.003

乙烯利诱使澳洲坚果落果的研究^①

孔广红, 马静, 柳勤, 贺熙勇,
陈丽兰, 陶丽, 倪书邦

云南省热带作物科学研究所, 云南 景洪 666100

摘要: 针对澳洲坚果产业中存在的采收难、采收成本高的问题, 进行澳洲坚果高效采收研究. 以澳洲坚果推广种植品种“A16”为试验材料, 喷施乙烯利混合溶液诱使其落果. 进行了筛选 pH 值和筛选乙烯利适宜质量浓度的研究. 结果表明: 喷施调节 pH 值为 7.0 的乙烯利混合溶液落果率显著高于未调 pH 值的乙烯利溶液的落果率; 喷施低质量浓度乙烯利混合溶液对果实脱落有显著的促进作用, 但促脱落效果达不到高效采收要求; 喷施质量浓度为 1.6 g/L, pH=7.0 的乙烯利混合溶液 2 周后落果率达 93.77%, 满足高效采收的要求. 喷施乙烯利混合溶液可以显著地提高澳洲坚果主栽品种“A16”的落果率, 且不影响翌年开花、结果及产量.

关键词: 澳洲坚果; 乙烯利; “A16”; 落果率

中图分类号: S664.9

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2018)07-0018-07

澳洲坚果 *Macadamia* spp. 又名夏威夷果、澳洲胡桃、昆士兰坚果等, 系山龙眼科 Proteacea 澳洲坚果属 *Macadamia* F. Muell. 多年生常绿乔木果树, 是澳大利亚本土植物中唯一一种被驯化成为世界性栽培的油料树种, 原产于澳大利亚昆士兰东南部和新南威尔士东北部沿岸的亚热带雨林地区(南纬 25°—32°)^[1-2]. 澳洲坚果是世界坚果类中最高级的一种, 被誉为“坚果之王”^[3]. 澳洲坚果的可食部分为果仁, 呈白色或乳白色, 可生吃, 经烤制后, 质细而脆, 清香, 风味极佳, 常被用于制作各种口味的小吃、烹调食品, 加工成咸味或甜味点心和作为多种组合糖果、巧克力、冰淇淋等的原料, 亦用作化妆品基质^[4-6]. 我国澳洲坚果种植区域主要分布在云南、广西、贵州和四川^[7]等省区. 根据云南省林业厅《2014—2020 云南省澳洲坚果产业发展规划》^[8], 到 2020 年全省澳洲坚果种植面积将达 26.7 万 ha, 澳洲坚果产业已成为支撑云南热区农业经济发展的重要产业之一.

与澳大利亚、夏威夷等传统澳洲坚果产区不同, 云南省的澳洲坚果属于山地种植, 大型采果机械无法进入, 目前的做法是青壮年劳力人工采摘或手工敲打. 这种采摘方式一则费用高昂, 工作强度大和危险性

① 收稿日期: 2017-07-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(31760215); 云南农垦重点科技计划项目(2013NK02); 云南省科研院所技术开发研究专项(2012CF014); 热带作物生理生态实验室与分子病理实验室建设项目(2014DC014); 云南省热带作物科技创新体系建设专项(RF2016-6).

作者简介: 孔广红(1986-), 女, 助理研究员, 主要从事热带果树选育种和栽培技术研究工作.

通信作者: 倪书邦, 研究员.

高;二则会导致嫩梢等树体部位受伤,影响树体生长和来年产量.随着近年来劳动力价格的持续增高,澳洲坚果采收难和采收成本高已经成为制约我国澳洲坚果产业持续快速发展的重要因素.

在植物生长发育过程中,乙烯作为一种重要的植物生长调节剂,是果实成熟的决定因子^[9],但是乙烯是一种气体,不易储存和运输,故在生产中通常采用物理性质更为稳定的乙烯利释放乙烯^[10],促进果实脱落.澳洲坚果品种“A16”是云南省的主栽品种之一,其果实不易从树上自然脱落,因此,项目组系统地开展了使用乙烯利诱使品种“A16”落果的高效采收技术研究,确定了云南澳洲坚果主栽品种“A16”高效采收的最佳乙烯利混合溶液配方,为澳洲坚果产业的健康发展提供技术支撑.

1 材料与方法

1.1 试验材料

以澳洲坚果主栽品种“A16”的成龄结果树为试验材料,于2013—2015年在云南省热带作物科学研究所澳洲坚果丰产栽培试验基地进行试验.

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计

试验于2013年8月开始,该年度进行了3个批次试验:第1批次试验为筛选pH值及乙烯利的质量浓度试验,试验设置2个pH值梯度,分别为未调pH值和pH值调节至7.0,使用碳酸氢钠^[11]调节混合溶液的pH值;3个乙烯利质量浓度,分别为0.4,0.65,0.9 g/L,以未调pH值和pH值调节至7.0的清水作为对照(CK).第2批次试验仍然是筛选pH值及乙烯利质量浓度,与第1批次试验设计相同,喷施时间延后1周.第3批次试验筛选乙烯利质量浓度试验,设置2个乙烯利质量浓度梯度,分别为1.6,2.0 g/L,以调节pH值为7.0的清水作为对照(CK).2014年度继续对澳洲坚果品种“A16”开展乙烯利促落果试验.设置2个乙烯利质量浓度梯度,分别为1.2,1.6 g/L,以调节pH值为7.0的清水作为对照(CK).各个试验中的每个处理均设置3次重复,以1株树为1个重复.在乙烯利混合溶液中加入曲拉通X-100作为表面展着剂^[12],混合溶液现配现用.使用电动喷雾器将乙烯利溶液均匀的喷施至树体各个部位.

1.2.2 数据收集

试验前1周去除树下枯枝落叶及杂草,便于收集落果.喷后1周开始落果率调查,持续调查的时间根据树体落果的情况而定,调查时间最短的为喷后2周,最长的为喷后7周.落果率调查结束的当天人工收获树上余果,统计单株产量.分别于2014年、2015年跟踪观测试验树体的落叶、翌年开花及产量等情况,从而综合评价乙烯利对树体生长的影响.

试验数据的统计和分析采用SPSS 20.0软件及LSD多重比较,图表绘制采用Excel 2010软件.

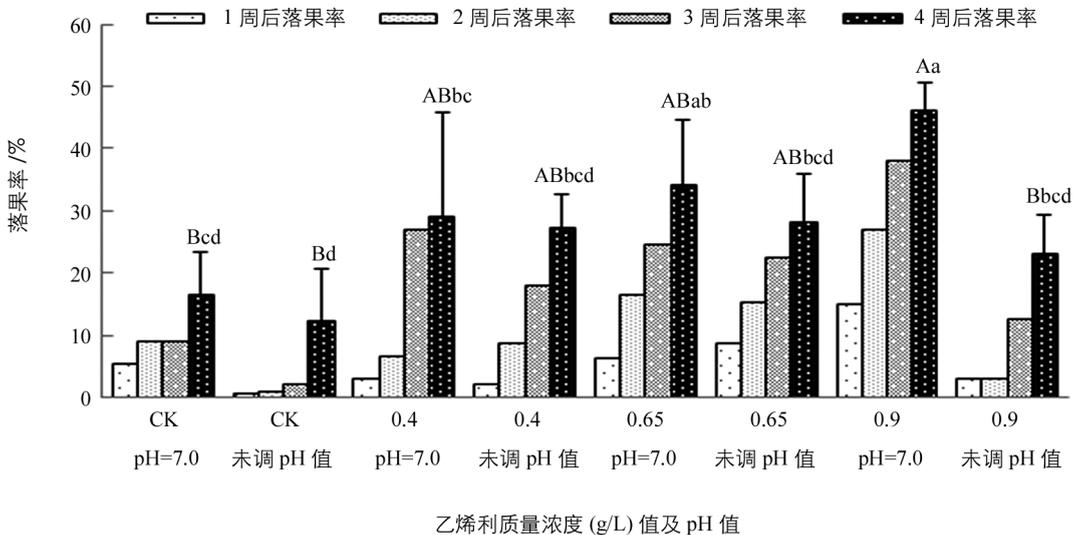
2 结果与分析

2.1 不同pH值低质量浓度乙烯利溶液对澳洲坚果落果率的影响

分两批次开展筛选pH值和乙烯利质量浓度试验,第2批次试验相对于第1批次试验延迟一周进行.两个批次试验分别于喷施乙烯利溶液之后的1周、2周、3周、4周进行落果率调查,调查结果见图1和图2.同一质量浓度、不同pH值的乙烯利混合溶液对果实落果率进行比较,调节pH值为7.0的乙烯利混合溶液落果率高于未调pH值的乙烯利溶液的落果率.0.90 g/L的乙烯利条件下,调节pH值与不调pH值4周后的落果率进行比较,两个批次试验的差异均极具有统计学意义,表明调节乙烯利混合溶液

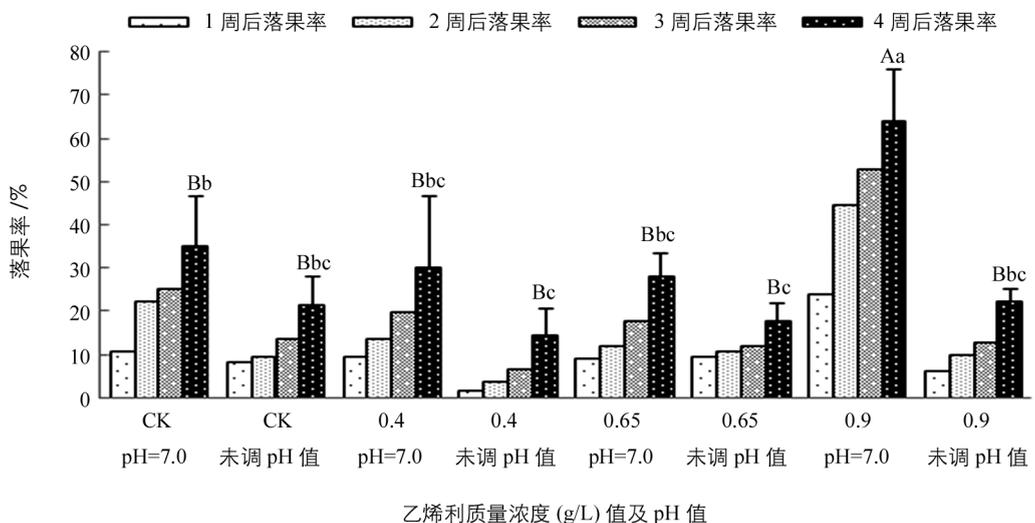
的 pH 值更加有利于澳洲坚果果实脱落, 因此后续的质量浓度筛选试验中, 均用碳酸氢钠将乙烯利混合溶液 pH 值调节至 7.0.

筛选 pH 值和乙烯利质量浓度的两批次试验中, 有一个共同的趋势, 即随着乙烯利质量浓度的升高, 落果率也显著升高. 第 2 批次试验中, 喷施乙烯利质量浓度为 0.90 g/L, pH=7.0 的混合溶液, 落果率为 64%, 与对照(CK)喷施清水相比, 差异极具有统计学意义, 是两批次试验中落果率最高的处理. 但 64% 的落果率达不到生产要求, 且树上残留的余果仍需要人工敲打采收, 说明乙烯利质量浓度是影响澳洲坚果果实脱落的关键因素. 因此进行第 3 批次喷施高质量浓度乙烯利混合溶液促使澳洲坚果果实脱落试验.



不同小写字母表示在 0.05 水平上差异具有统计学意义; 不同大写字母表示在 0.01 水平上差异具有统计学意义.

图 1 不同 pH 值低质量浓度乙烯利溶液对澳洲坚果落果率的影响(第 1 批次)



不同小写字母表示在 0.05 水平上差异具有统计学意义; 不同大写字母表示在 0.01 水平上差异具有统计学意义.

图 2 不同 pH 值低质量浓度乙烯利溶液对澳洲坚果落果率的影响(第 2 批次)

2.2 高质量浓度乙烯利混合溶液对澳洲坚果落果率的影响(2013 年)

图 3 为喷施 pH 值调节至 7.0 不同乙烯利质量浓度混合溶液对澳洲坚果果实脱落影响的研究. 分别

于喷施乙烯利溶液后的 2 周、4 周、5 周、7 周进行落果率调查, 结果表明: 质量浓度为 1.6 g/L 的乙烯利溶液对澳洲坚果果实的促脱效果十分显著, 喷施后 2 周的落果率为 79%, 喷施后 4 周的落果率达到 93%; 质量浓度为 2.0 g/L 的乙烯利溶液也有较好的促脱效果, 喷施后 2 周的落果率为 57%, 喷施后 4 周的落果率达到 81%; 而 CK 2 周后的落果率仅为 4%, 4 周后的落果率为 7%。以最终落果率(喷后 7 周)进行多重比较, 乙烯利质量浓度为 1.6 g/L 时的落果率最高, 为 96%, 对照(CK)的落果率最低, 为 17%, 二者相比差异极具有统计学意义; 2.0 g/L 时的落果率为 90%, 与对照(CK)相比, 差异极具有统计学意义. 乙烯利质量浓度为 1.6 g/L 和 2.0 g/L 的落果率之间差异不具有统计学意义. 综上所述, 使用 pH 值为 7.0, 质量浓度为 1.6 g/L 的乙烯利混合溶液可以达到高效采收标准.

2.3 高质量浓度乙烯利溶液对澳洲坚果落果率影响的研究(2014 年)

图 4 为 2014 年度喷施 pH 值调节至 7.0 的不同乙烯利质量浓度混合溶液对澳洲坚果果实脱落影响的研究. 分别于喷后的 1 周、2 周进行落果率调查. 喷施质量浓度为 1.2 g/L 和 1.6 g/L 的乙烯利溶液 1 周后落果率分别为 65.10% 和 90.70%, 二者相比, 差异具有统计学意义, 对照(CK)的落果率仅为 11.73%, 与 1.2 g/L 和 1.6 g/L 的落果率相比, 差异极具有统计学意义; 2 周后的落果率分别为 81.59% 和 93.77%, 对照(CK)的落果率为 18.29%, 差异均极具有统计学意义. 结果表明, 质量浓度为 1.6 g/L 的乙烯利混合溶液达到澳洲坚果高效采收的标准.

2.4 喷施乙烯利溶液对澳洲坚果翌年产量的影响

图 5 为 2014 年、2015 年两年度试验树产量均值的比较图. 通过对喷施乙烯利溶液后的树体翌年产量调查发现, 单株产量与上年度是否喷施乙烯利溶液及其质量浓度无明显相关关系. 所有的处理中, 2014 年的产量均比 2015 年的低, 说明喷施乙烯利混合溶液不会影响翌年的产量.

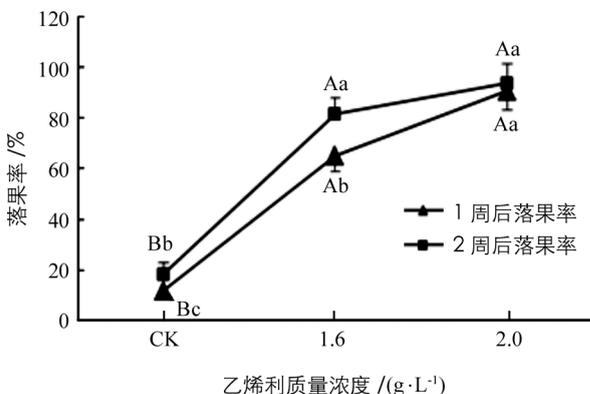


图 4 高质量浓度乙烯利溶液对澳洲坚果落果率的影响(2014 年)

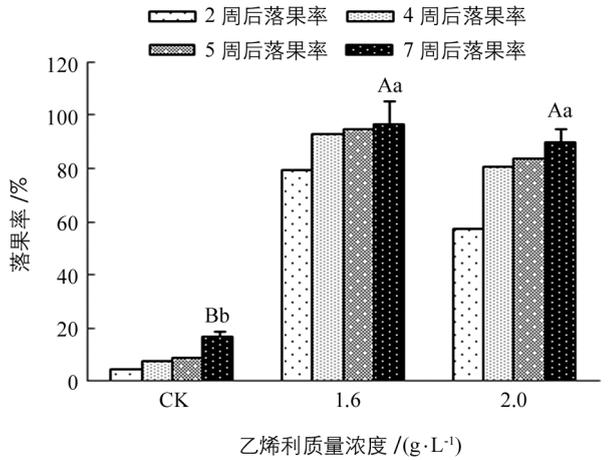


图 3 高质量浓度乙烯利溶液对澳洲坚果落果率的影响(2013 年)

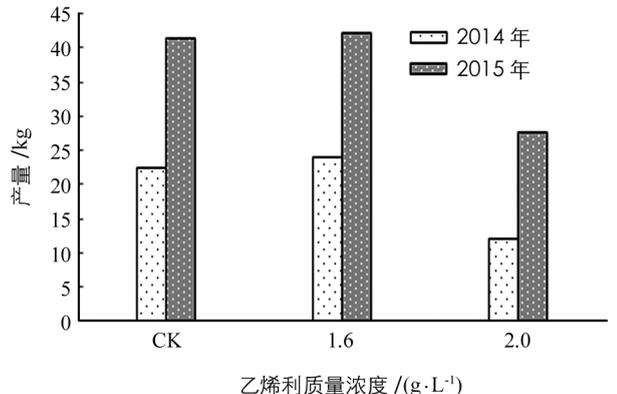


图 5 2014 年与 2015 年平均产量比较

2.5 喷施乙烯利溶液对澳洲坚果落叶的影响

本研究发现,喷施乙烯利溶液可导致部分老叶脱落.落叶的多少与喷施乙烯利溶液的质量浓度呈正相关关系.质量浓度高落叶多,质量浓度低落叶少.如图6—图8所示,CK几乎无落叶,只有少量落果;图7是喷施低质量浓度乙烯利混合溶液后的树体,其落果和落叶比较少;图8为喷施高质量浓度乙烯利溶液的树体,其果实几乎全部脱落,落叶也相应较多.2014年、2015年的跟踪调查发现喷施高质量浓度乙烯利溶液的树体虽然有较多落叶,但不影响树体的生长发育以及翌年的开花结实.



图6 CK的落果落叶情况



图7 喷施低质量浓度乙烯利溶液(pH=7.0)落果落叶情况



图8 喷施高质量浓度乙烯利溶液(pH=7.0)落果落叶情况

3 结论与讨论

喷施未调pH值的低质量浓度乙烯利混合溶液对澳洲坚果品种“A16”的促落果效果不显著,且同一乙烯利质量浓度条件下,调节pH值的落果率均高于未调pH值的落果率.因此,在商业果园同一品种的推广应用和澳洲坚果其他品种的促落果试验中可以此作为参考,对乙烯利混合溶液进行pH值的调节,更加有利于果实脱落.这一结论与Kadman和Ben-Tal^[13]关于使用乙烯利促使澳洲坚果落果的研究一致.

澳洲坚果果实脱落后不及时采收会增大果实的霉变率和鼠害率.采收时间过长不仅降低果实品质,产量也相应降低,同时增加了采收成本.使用乙烯利促落果采收方式,在不损伤树体的前提下,可集中收果,缩短采收时间,减少果实损失,降低采收成本.虽然低质量浓度乙烯利对果实脱落有极显著的促进作用,但在生产中低质量浓度乙烯利促进果实脱落的落果率达不到高效采收标准,且树上残留的余果仍需要人工敲打采收.所以适宜的乙烯利质量浓度是高效采收技术的关键.不同品种对乙烯利质量浓度的要求不同,Trochoulias^[14]关于乙烯利促使澳洲坚果品种“O.C”落果的研究中,乙烯利溶液适宜的质量浓度为1.6~2.0 g/L. Kadman和Ben-Tal^[15]对澳洲坚果品种“Beaumont”的研究中,乙烯利溶液适宜的质量浓度为1 g/L.项目组对澳洲坚果的其他几个主栽品种进行了高效采收研究,发现“HAES900”适宜的乙烯利质量浓度为1.8 g/L^[16]，“HAES 800”和“HAES 294”适宜的乙烯利促落果质量浓度分别为1.5 g/L和2.0 g/L^[17],主栽品种“O.C”适宜的乙烯利混合溶液质量浓度为1.4~2.0 g/L,根据树体

大小适当调整^[18]。本研究中, 喷施质量浓度为 1.6 g/L 的乙烯利混合溶液 1 周后的落果率为 90.7%, 2 周后的落果率为 93.77%, 表明促使澳洲坚果品种“A16”落果的乙烯利适宜质量浓度为 1.6 g/L, pH 值为 7.0。因此在生产果园中推荐使用浓度为 1.6 g/L 的乙烯利混合溶液进行澳洲坚果品种“A16”的促落果采收。

通过跟踪观测试验树体的生长情况, 并未发现喷施乙烯利溶液对树体的开花有不良影响。这一结论与 Richardson 和 Dawson^[19]、Stepheson^[20]等的研究不同。他们的研究中喷施乙烯利混合溶液会使萌动花序脱落, 原因是新西兰和澳大利亚的果实成熟期和开花期一致, 乙烯利在促使果实脱落的同时也造成了花序的脱落。我国澳洲坚果成熟于每年的 8、9 月份, 树体于 11 月之后进行花芽分化, 喷施乙烯利溶液不会损伤花序, 也不会造成减产。因此该技术在中国澳洲坚果种植区具有非常大的优势和潜力。

参考文献:

- [1] STEPHENSON R. *Macadamia*: Domestication and Commercialization [J]. *Chronica Horticulture*, 2005, 45(2): 11–15.
- [2] 孔广红, 柳 颢, 倪书邦, 等. 澳洲坚果花粉母细胞减数分裂观察 [J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2013, 35(2): 1–5.
- [3] HARDNER C M, PEACE C, LOWE A J, et al. Genetic Re-Sources and Domestication of *Macadamia* [J]. *Horti-Cultural Reviews*, 2009, 35: 40–43.
- [4] MARISA M W. Functional Lipid Characteristics, Oxidative Stability, and Antioxidant Activity of *Macadamia* Nut (*Macadamia integrifolia*) Cultivars [J]. *Food Chemistry*, 2010, 121(4): 1103–1108.
- [5] JOHN B, KIM Y, PATRICK S. Compositional Analysis and Roasting Behaviour of Gevuina and *Macadamia* Nuts [J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2010, 45(1): 81–86.
- [6] MAGUIRE L S, O’SULLIVAN S M, GALVIN K, et al. Fatty Acid Profile, Tocopherol, Squalene and Phytosterol Content of Walnuts, Almonds, Peanuts, Hazelnuts and the *Macadamia* Nut [J]. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2004, 55(3): 171–178.
- [7] 贺熙勇, 陶 亮, 柳 颢, 等. 我国澳洲坚果产业概况及发展趋势 [J]. *热带农业科技*, 2015, 38(3): 12–16.
- [8] 云南林业厅. 云南省澳洲坚果产业发展规划(2013–2020) [Z]. 昆明: 云南省林业厅, 2014: 18–19.
- [9] Ruchitha Goonatilake. Effects of Diluted Ethylene Glycol as A Fruit-Ripening Agent [J]. *Global Journal of Biotechnology & Biochemistry*, 2008, 3(1): 8–13.
- [10] 朱家红, 张全琪, 张治礼. 乙烯利刺激橡胶树增产及其分子生物学基础 [J]. *植物生理学报*, 2010, 46(1): 87–93.
- [11] SHULMAN Y, AVIDAN B, BEN-TAL Y, et al. Sodium Bicarbonate, a Useful Agent for pH Adjustment of Ethephon Controlling Grape-Vine Shoot Growth and Loosening Olive Fruits [J]. *Rivista Di Ortoflorofruitticoltura Italiana*, 1982, 66(3): 181–187.
- [12] RICHARDSON A C, DAWSON T E. Enhancing Abscission of Mature *Macadamia* Nuts with Ethephon [J]. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 1993, 21(4): 325–329.
- [13] KADMAN A, BEN-TAL Y. Inducing *Macadamia* Nut Drop with Ethephon [J]. *Hortscience*, 1983, 18(2): 240–242.
- [14] TROUCHOULIAS T. The Effect of Ethephon on Nut fall in *Macadamia* [J]. *Acta horticulturae*, 1986, 175: 299–304.
- [15] KADMAN A, BEN-TAL Y. Experiments to Achieve ‘Beaumont’ *Macadamia* Nut Drop with Ethephon Sprays [G]. *California Macadamia Society Yearbook XXIX*, 1983: 114–121.
- [16] 柳 颢, 陈丽兰, 倪书邦, 等. 喷施乙烯利对‘HAES900’澳洲坚果果实脱落和品质的影响 [J]. *热带作物学报*, 2017,

38(2): 194—198.

- [17] 柳 颢, 孔广红, 贺熙勇, 等. 乙烯利促落果提高澳洲坚果采收效率的研究 [J]. 中国南方果树, 2017, 46(4): 1—5.
- [18] 孔广红, 马 静, 柳 颢, 等. 澳洲坚果‘O. C’激素促脱高效采收技术研究 [J]. 西南农业学报, 2018, 31(2): 399—403.
- [19] RICHARDSON A C, DAWSON T E. Enhancing Abscission of Mature *Macadamia* Nuts with Ethephon [J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 1993, 21(4): 325—329.
- [20] STEPHENSON R A, GALLAGHER E C. Effects of Ethephon on *Macadamia* Racemes [J]. Journal of Horticultural Science 1987, 62(4): 539—544.

Research on Enhancing Abscission of *Macadamia* Nuts with Ethephon

KONG Guang-hong, MA Jing, LIU Jin,
HE Xi-yong, CHEN Li-lan, TAO Li, NI Shu-bang

Yunnan Institute of Tropical Crops, Jinghong Yunnan 666100, China

Abstract: Difficult operation and high cost of nut harvesting is a hard problem faced by macadamia (*Macadamia ternifolia* F. Muell) industry. In order to solve this problem, two experiments were conducted in which ethephon was sprayed to induce fruit drop of the trees of macadamia cultivar ‘A16’. In one experiment, natural pH and pH 7.0 of the ethephon mixed solution were compared, and the results showed that the fruit drop rate of ethephon treatment with pH 7.0 was significantly higher than that of ethephon solution without pH adjustment. The other experiment was made to screen suitable concentration of the ethephon solution, and the results demonstrated that low-concentration ethephon solution spraying significantly promoted macadamia fruit abscission, but failed to meet the requirement of efficient nut harvesting and that ethephon spray with a pH of 7.0 and a concentration of 1.60 g/L gave a fruit abscission rate of 93.77% 2 weeks after the treatment and satisfied the requirement of efficient nut harvesting. In conclusion, fruit abscission rate of macadamia cultivar ‘A16’ increased significantly by spraying ethephon mixed solution without any negative effect on flowering, fruit bearing and yield in the coming year.

Key words: *Macadamia ternifolia* F. Muell; ethephon; ‘A16’; fruit abscission rate

责任编辑 潘春燕

