DOI:10.3969/j.issn.1674-5663.2017.04.003

NAA 和 Eth 对荔枝花粉萌发及花粉管生长的影响

曾令达[1], 谭秋霞[1], 黄建昌[2*], 李雪珠[1]
(1. 惠州学院 生命科学学院, 广东 惠州 516007; 2. 仲恺农业工程学院 园艺园林学院, 广东 广州 510225)

摘要: 为观察萘乙酸(1-Naphthylacetic acid, NAA)和乙烯利(Ethephon, Eth)对荔枝(*Litch chinensis* Sonn.)花粉萌发和生长的影响, 在基本培养基中分别添加一定质量浓度的 NAA 和 Eth, 分别培养糯米糍和桂味 2 品种荔枝不同批次的花粉, 统计花粉萌发率并测定花粉管长度. 结果表明: NAA 可促进糯米糍和桂味不同批次花粉萌发和花粉管的生长, 但其所用适宜浓度不同, 其促进第 2 批花粉萌发的适宜质量浓度为 1.0 ~ 3.0 mg/L, 促进第 2 批花粉管生长的适宜质量浓度为 0.5 ~ 3.0 mg/L; 较低质量浓度的 Eth 对 2 品种荔枝不同批次花粉的萌发和花粉管的生长具有促进作用, 其中 Eth 促进糯米糍、桂味第 2 批花粉萌发的适宜质量浓度分别为 1.0 ~ 5.0 mg/L 和 10.0 mg/L, 促进 2 品种荔枝第 2 批花粉管生长的适宜质量浓度均为 1.0 mg/L; 而较高质量浓度(20.0 mg/L)的 Eth 对 2 品种荔枝各批次花粉的萌发和花粉管生长具有抑制作用. 由此认为, NAA 和 Eth 对糯米糍和桂味 2 品种荔枝不同批次花粉的萌发和花粉管生长均有促进作用, 但其对不同批次花粉起促进作用的适宜质量浓度不同.

关键词: 荔枝(*Litch chinensis* Sonn.); 花粉 ; 萘乙酸; 乙烯利
中图分类号: S682 **文献标志码**: A **文章编号**: 1674-5663(2017)04-0015-06

Effects of NAA and Eth on germination and tube growth of litchi's pollen

ZENG Lingda[1], TAN Qiuxia[1], HUANG Jianchang[2*], LI Xuezhu[1]
(1. School of Life Science, Huizhou University, Huizhou 516007, China; 2. College of Agriculture and Landscape Architecture, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

Abstract: To observe the effects of 1-Naphthylacetic acid(NAA) and Ethephon(Eth) on germination and growth of litchi(*Litch chinensis* Sonn.) pollen, NAA and Eth were added at a certain concentration respectively in basic medium, two varieties different batches of pollen to Nuomici and Guiwei were cultured and the pollen germination rate and pollen tube length were determined. The results showed that NAA promoted different batches of pollen germination and pollen tube growth of Nuomici and Guiwei, but the suitable concentration of pollen germination and pollen tube growth in different batches of two varieties of litchi was different. The suitable mass concentration of NAA for second batches of pollen germination was 1.0 – 3.0 mg/L, and that for pollen tube growth was 0.5 – 3.0 mg/L. Low concentration of Eth promoted pollen germination and pollen tube growth in different batches of two Litchi cultivars. The appropriate concentrations of Eth to promote second batch of pollen germination of Nuomici and Guiwei were 1.0 – 5.0 and 10.0 mg/L, respectively, the suitable concentration of second batch of promoting pollen tube growth of Nuomici and Guiwei was 1.0 mg/L. High concentration (20.0 mg/L) Eth inhibited the germination and tube growth of different batches of pollen in two Litchi cultivars. The results suggested that NAA and Eth could promote the germination and pollen tube growth of litchi pollen, and the suitable concentration for pollen germination and growth between different batches of pollen was different.

Key words: *Litchi chinensis* Sonn.; pollen; NAA(1-Naphthylacetic acid); Eth(Ethephon)

收稿日期: 2017-10-13
基金项目: 广东省科技计划(2013B020304010)、惠州市科技计划(2009B010001024)和惠州学院自然科学研究计划(C211·0220)资助项目.
作者简介: 曾令达(1974-), 男, 广东龙川人, 副教授, 博士. *通信作者: E-mail: jchuang63@126.com

荔枝(*Litch chinensis* Sonn.)为无患子科荔枝属(Litch)的常绿果树[1]，花序为顶生复总状花序，花小量极多，每个花穗，多者可达数千朵，少者也有几百朵. 荔枝“爱花不惜子”，常出现“花而不实”或“少实”的现象. 根据荔枝开花期花序中小花开放的先后，可分为3个批次花，一般第1批多为雄花，第2批多为雌花，第3批又是多为雄花[2-3]，同一花穗上每批花有1~3 d的间隔[4]. 果树栽培中为减少花量，增加树体养分和雌花量，提高授粉受精以促进丰产，常用萘乙酸(1-Naphthylacetic acid，NAA)或乙烯利(Ethephon，Eth)进行疏花[5-9]. 疏花的时期不同，疏花效果就会不一样，而且疏花剂均会对花粉生活力产生不同程度的影响. 荔枝花粉萌发与花粉管生长是荔枝花粉生活力的重要表现，也是影响荔枝授粉受精过程的重要因素. 因此，研究NAA和Eth对荔枝不同批次花粉生活力的影响对确定荔枝疏花的时期和疏花剂的浓度，以及提高荔枝花粉生活力，促进荔枝授粉受精等均具有重要意义. 目前，已有研究借助外源物质如矿质元素、植物生长调节剂等提高花粉的萌发率，以加速花粉萌发速度[10-13]. 荔枝管理中常在开花坐果期喷施化学药物以促进坐果[14-15]. 为促进荔枝糯米糍和桂味品种的授粉受精，选用化学药物的种类及其施用的时期与浓度非常关键，但目前针对糯米糍和桂味分批次开花的特性，以及开展NAA和Eth两种类型生长调节剂对荔枝花粉萌发和生长影响的研究罕见报道. 本试验在借鉴前人研究成果的基础上，针对荔枝花期小花分批开放的特点，采用NAA和Eth这两种生长调节剂来处理荔枝不同批次的花粉，旨在探讨NAA和Eth对荔枝花粉萌发和花粉管生长的影响及其在不同批次花粉间的区别，以期为提高荔枝花期的精准调控技术，实现丰产稳产提供参考.

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试荔枝品种为惠州市主栽的中迟熟荔枝品种糯米糍和桂味，花粉采集地为惠州市惠阳区镇隆镇凰后村和大江村的荔枝园中. 在糯米糍和桂味每批花(共3批花)的盛花期，于上午09：00~10：00时采集刚开放或尚未开放的雄花，置于培养皿中阴干，收集自行散发出的花粉存放干燥的小玻璃瓶中，于干燥器中常温保存作试验材料. NAA和Eth购自上海伯奥生物科技有限公司.

1.2 试验方法

1.2.1 *花粉培养* 以110.0 g/L蔗糖、10.0 mg/L硼酸、5.0 g/L琼脂为基本培养基，分别添加0.0(对照)、0.5、1.0、2.0和3.0 mg/L的NAA及0.0(对照)、1.0、5.0、10.0和20.0 mg/L的Eth配置成花粉培养基，用玻璃棒分别沾取不同质量浓度的NAA和Eth培养基液滴于单凹载玻片上冷却凝固后，用毛笔沾取少量花粉，轻轻振动，使花粉均匀地撒在凝固的培养基上. 将载玻片放在垫有湿润滤纸的培养皿内，皿盖涂上凡士林封口以保持湿度，然后室温下培养3 h后观察. 每处理3次重复.

1.2.2 *花粉镜检及计数* 将培养花粉的单凹载玻片置于FM-103光学生物显微镜(深圳市法尼奥科技有限公司)下100倍镜检，每片观察3个视野(约100个花粉)，统计花粉数和花粉萌发数，计算花粉萌发率. 花粉管长度用测微尺测量，每视野测定20粒以上，计算花粉管平均长度.

花粉萌发率(%)=萌发花粉数/花粉总数×100

1.3 统计分析

试验数据采用Excel 2013进行统计分析，并用邓肯式新复极差法进行差异显著性分析.

2 结果与分析

2.1 NAA对荔枝不同批次花粉萌发的影响

在添加0.5~2.0 mg/L NAA的培养基中，糯米糍第1批次花粉的萌发率显著高于对照；在添加1.0~3.0 mg/L NAA的培养基中，糯米糍第2批次花粉的萌发率显著高于对照；在添加0.5~3.0 mg/L NAA的培养基中，糯米糍第3批次花粉的萌发率显著高于对照($P<0.05$)(表1). 不同批次花粉中NAA促进花粉萌发的最佳质量浓度也有差异，第1批花粉中促进萌发的最佳质量浓度为0.5 mg/L，花粉萌发率为29.65%；促进第2、3批花粉萌发的最佳质量浓度为2.0 mg/L，花粉萌发率分别为46.35%和59.20%. 这说明NAA对糯米糍花粉的萌发具有促进作用，不同批次花粉促进萌发的适宜质量浓度不同，第2、3批花粉NAA促进萌发的适宜质量浓度较高，因糯米糍雌花主要在第2批花开放，因此，施用NAA作为外源物质促进糯米糍荔枝花粉萌发时，施用1.0~3.0 mg/L的NAA较为合适.

在添加0.5~3.0 mg/L NAA的培养基中，桂味第1批次花粉的萌发率显著高于对照；在添加1.0~3.0 mg/L NAA的培养基中，桂味第2批次花

粉的萌发率显著高于对照；在添加 2.0 mg/L NAA 的培养基中，桂味第 3 批次花粉的萌发率显著高于对照($P<0.05$)(表 1)．不同批次花粉中 NAA 促进桂味花粉萌发的最佳质量浓度也有差异，第 1 批花粉的最佳促进质量浓度为 0.5 mg/L，花粉萌发率为 36.66%；促进第 2、3 批花粉萌发的最佳质量浓度均为 2.0 mg/L，花粉萌发率分别为 48.64% 和 22.77%．这说明 NAA 对桂味花粉的萌发具有促进作用，促进不同批次花粉萌发的适宜质量浓度不同，因桂味雌花主要在第 2 批花开放．因此，施用 NAA 作为外源物质促进授粉受精时，施用 1.0 ~ 3.0 mg/L 的 NAA 较为合适．

综上所述，NAA 能促进糯米糍和桂味两品种荔枝花粉的萌发，促进不同批次花粉萌发的适宜质量浓度有所不同，1.0 ~ 2.0 mg/L 的 NAA 可促进糯米糍各批次花粉的萌发，2.0 mg/L 的 NAA 可促进桂味各批次花粉的萌发．1.0 ~ 3.0 mg/L 的 NAA 可促进两品种荔枝第 2 批花粉的萌发．

表 1　NAA 对糯米糍和桂味两品种荔枝不同批次花粉萌发的影响

Table 1　Effect of NAA on pollen germination of different batches of two varieties of litchi, Nuomici and Guiwei[1)]

W(NAA)/(mg/L)	糯米糍花粉萌发率 Germination rate of Nuomici pollen/%			桂味花粉萌发率 Germination rate of Guiwei pollen/%		
	第 1 批 First	第 2 批 Second	第 3 批 Third	第 1 批 First	第 2 批 Second	第 3 批 Third
0.0(对照 Control)	16.32 ± 0.82 c	31.27 ± 2.03 c	45.93 ± 0.42 c	7.35 ± 1.15 c	16.18 ± 1.38 c	12.03 ± 0.64 b
0.5	29.65 ± 1.78 a	33.64 ± 0.66 bc	50.00 ± 1.67 b	36.66 ± 0.50 a	19.46 ± 2.32 c	12.86 ± 0.28 b
1.0	27.99 ± 1.05 b	36.04 ± 0.86 b	51.24 ± 0.94 b	33.54 ± 0.79 b	32.69 ± 1.04 b	13.58 ± 1.01 b
2.0	26.76 ± 0.53 b	46.35 ± 2.31 a	59.20 ± 0.85 a	33.26 ± 0.62 b	48.64 ± 1.81 a	22.77 ± 1.91 a
3.0	19.07 ± 1.43 c	35.43 ± 0.91 b	50.19 ± 1.24 b	33.10 ± 1.58 b	35.81 ± 1.16 b	12.89 ± 0.55 b

[1)] 同一列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)．Different lowercase letters in the same column indicated significant differences at 0.05 level.

2.2　NAA 对荔枝不同批次花粉管生长的影响

在添加 0.5 ~ 3.0 mg/L NAA 的培养基中，糯米糍第 1、2、3 批次花粉管显著长于对照，不同批次花粉中 NAA 促进糯米糍花粉管生长的最佳质量浓度不同，在 1.0 mg/L NAA 处理下第 1 批花粉的花粉管最长，为 404.50 μm；在 2.0 mg/L NAA 处理下第 2 批花粉的花粉管最长，为 371.83 μm，但在 1.0 ~ 3.0 mg/L NAA 时第 2 批花粉各处理间花粉管长度差异不显著($P>0.05$)；在 0.5 mg/L NAA 处理下，第 3 批花粉花粉管最长，为 285.83 μm．这说明 NAA 在 0.5 ~ 3.0 mg/L 时均能促进各批次花粉管的生长，促进不同批次花粉花粉管生长的最佳质量浓度不同，因糯米糍雌花主要在第 2 批花开放，因此，NAA 作为外源物质促进糯米糍荔枝花粉管生长时，施用 0.5 ~ 3.0 mg/L 的 NAA 较合适(表 2)．

在添加 0.5 ~ 3.0 mg/L NAA 的培养基中，桂味第 1、2、3 批花粉花粉管的长度显著长于对照($P<0.05$)，在 1.0 mg/L NAA 处理时，第 1、3 批花粉管达到最长，分别为 451.33 和 221.83 μm；在 2.0 mg/L NAA 处理时，第 2 批花粉管达到最长，为 441.00 μm(表 2)．这说明 0.5 ~ 3.0 mg/L NAA 对桂味花粉管生长具有促进作用．因此，为促进第 2 批雄花花粉管的生长，利于桂味授粉受精，选择施用 0.5 ~ 3.0 mg/L 的 NAA 有利于桂味花粉管的生长．

表 2　NAA 对糯米糍和桂味两品种荔枝不同批次花粉管生长的影响

Table 2　Effect of NAA on pollen tube growth of different batches of two varieties of litchi, Nuomici and Guiwei[1)]

W(NAA)/(mg/L)	糯米糍花粉管长 Tube length of Nuomici pollen/μm			桂味花粉管长 Tube length of Guiwei pollen/μm		
	第 1 批 First	第 2 批 Second	第 3 批 Third	第 1 批 First	第 2 批 Second	第 3 批 Third
0.0(对照 Control)	150.00 ± 1.79 d	203.00 ± 1.37 c	215.83 ± 1.91 c	39.50 ± 1.46 d	234.00 ± 1.89 e	166.33 ± 0.92 d
0.5	346.17 ± 0.52 b	358.17 ± 0.93 b	285.83 ± 1.58 a	419.17 ± 1.83 b	267.00 ± 1.08 d	200.83 ± 0.87 b
1.0	404.50 ± 1.51 a	369.14 ± 2.41 a	271.00 ± 1.95 b	451.33 ± 0.69 a	434.67 ± 1.51 a	221.83 ± 1.32 a
2.0	342.83 ± 2.35 b	371.83 ± 0.51 a	267.50 ± 1.62 c	287.50 ± 0.77 c	441.00 ± 1.24 b	198.83 ± 0.31 b
3.0	319.00 ± 1.77 c	371.50 ± 0.66 a	264.31 ± 0.64 c	285.42 ± 1.58 c	381.67 ± 1.07 c	175.31 ± 2.47 c

[1)] 同一列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)．Different lowercase letters in the same column indicated significant differences at 0.05 level.

综上所述，NAA 能促进糯米糍和桂味两品种荔枝花粉管的生长，施用 0.5 ~ 3.0 mg/L 的 NAA 可促进糯米糍和桂味荔枝的花粉管生长.

2.3 Eth 对荔枝不同批次花粉萌发的影响

在添加 1.0 ~ 10.0 mg/L Eth 的培养基中，糯米糍第 1、3 批次花粉的萌发率显著高于对照；在添加 1.0 ~ 5.0 mg/L Eth 的培养基中，糯米糍第 2 批次花粉的萌发率显著高于对照($P < 0.05$)；不同批次花粉中 Eth 促进花粉萌发的最佳质量浓度也有差异，第 1、3 批花粉促进花粉萌发的最佳质量浓度为 10.0 mg/L，花粉萌发率分别为 61.62% 和 62.50%；第 2 批花粉促进花粉萌发的最佳质量浓度为 5.0 mg/L，花粉萌发率分别为 60.80%；当 Eth 质量浓度为 20.0 mg/L 时，糯米糍各批次花粉的萌发率显著低于对照，显示抑制花粉萌发的作用. 说明 Eth 在较低质量浓度时对糯米糍花粉萌发具有促进作用，在较高质量浓度(20.0 mg/L)时对花粉的萌发具有抑制作用(表 3). 不同批次花粉中 Eth 促进花粉萌发的适宜质量浓度有差异，可能和不同批次花粉所含养分的生理状态有关. 在糯米糍第 2 批多开雌花的情况下，施用 Eth 促进糯米糍荔枝花粉萌发时，选择施用 1.0 ~ 5.0 mg/L 的 Eth 利于雌花受精.

表 3 Eth 对糯米糍和桂味两品种荔枝不同批次花粉萌发的影响

Table 3 Effect of Eth on pollen germination of different batches of two varieties of litchi, Nuomici and Guiwei[1)]

W(Eth)/(mg/L)	糯米糍花粉萌发率 Germination rate of Nuomici pollen/%			桂味花粉萌发率 Germination rate of Guiwei pollen/%		
	第 1 批 First	第 2 批 Second	第 3 批 Third	第 1 批 First	第 2 批 Second	第 3 批 Third
0.0(对照 Control)	33.64 ± 0.93 c	36.50 ± 1.58 c	33.17 ± 1.69 c	38.27 ± 0.84 c	30.98 ± 1.26 b	36.26 ± 0.97 c
1.0	44.55 ± 0.71 b	50.93 ± 1.16 b	51.82 ± 0.98 b	57.67 ± 1.76 b	31.23 ± 0.63 b	38.42 ± 0.94 c
5.0	44.19 ± 0.87 b	60.80 ± 1.43 a	53.33 ± 2.34 b	56.32 ± 1.62 b	32.45 ± 0.61 b	59.72 ± 1.81 a
10.0	61.62 ± 1.40 a	36.65 ± 2.25 c	62.50 ± 1.21 a	78.73 ± 0.50 a	43.75 ± 0.98 a	47.71 ± 1.15 b
20.0	1.81 ± 0.38 d	3.59 ± 0.93 d	7.54 ± 0.53 d	25.00 ± 1.01 d	6.25 ± 0.98 c	3.56 ± 1.69 d

[1)] 同一列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$). Different lowercase letters in the same column indicated significant differences at 0.05 level.

在添加 1.0 ~ 10.0 mg/L Eth 的培养基中，桂味第 1 批次花粉的萌发率显著高于对照；在添加 10.0 mg/L Eth 的培养基中，桂味第 2 批次花粉的萌发率显著高于对照；在添加 5.0 ~ 10.0 mg/L Eth 的培养基中，桂味第 3 批次花粉的萌发率显著高于对照($P < 0.05$). 第 1、2 批花粉在 Eth 质量浓度为 10.0 mg/L 时，花粉萌发率最高，分别为 78.73% 和 43.75%；第 3 批花粉在 Eth 质量浓度为 5.0 mg/L 时，花粉萌发率最高，为 59.72%；当 Eth 质量浓度为 20.0 mg/L 时，桂味各批次花粉的萌发率显著低于对照，显示花粉萌发受到抑制(表 3). 说明 Eth 在较低质量浓度时对桂味各批次花粉的萌发具有促进作用，在较高质量浓度(20.0 mg/L)时对花粉的萌发具有抑制作用. 不同批次花粉中 Eth 促进花粉萌发的适宜质量浓度和最佳质量浓度不同，这可能和不同批次花粉所含养分的生理状况有关. 因桂味第 2 批花主要为雌花，因此，在用 Eth 作为外源物质促进雌花受精时，选择施用 10.0 mg/L 的 Eth 较为合适.

综上所述，Eth 在较低质量浓度时对糯米糍和桂味两品种荔枝不同批次花粉的萌发具有促进作用，在较高质量浓度(20.0 mg/L)时则可抑制两品种各批次花粉的萌发. 为促进荔枝第 2 批雌花的受精，不同品种所用 Eth 的适宜质量浓度不同，促进糯米糍第 2 批花粉萌发的适宜质量浓度为 1.0 ~ 5.0 mg/L，促进桂味第 2 批花粉萌发的适宜质量浓度为 10.0 mg/L.

2.4 Eth 对荔枝不同批次花粉管生长的影响

在添加 1.0 ~ 10.0 mg/L Eth 的培养基中，糯米糍第 1 批次花粉的花粉管显著长于对照；在添加 1.0 mg/L Eth 的培养基中，糯米糍第 2、3 批次花粉的花粉管显著长于对照($P < 0.05$). 糯米糍第 1 批花粉在 Eth 质量浓度为 5.0 mg/L 时，花粉管最长，为 287.17 μm；第 2、3 批花粉在 Eth 质量浓度为 1.0 mg/L 时，花粉管最长，分别为 294.33 μm 和 206.83 μm. 糯米糍第 1 批花粉在 Eth 质量浓度为 20.0 mg/L 时，第 2 批花粉在 Eth 质量浓度为 5.0 ~ 20.0 mg/L 时，第 3 批花粉在 Eth 质量浓度为 10.0 ~ 20.0 mg/L 时，花粉管长度均显著小于对照，显示花粉管生长受到抑制(表 4). 抑制不同批次花粉管生长的 Eth 质量浓度不同，可能与糯米糍花粉的生理状态有关. 1.0 mg/L Eth 对糯米糍各

批次花粉管的生长均有促进作用，但较高质量浓度时(20.0 mg/L)则对各批次花粉管生长产生抑制作用. 因此，为促进糯米糍花粉管的生长和受精，施用的 Eth 质量浓度不要超过 1.0 mg/L.

在添加 1.0 ~ 10.0 mg/L Eth 的培养基中，桂味第 1 批次花粉的花粉管显著长于对照；在添加 1.0 mg/L Eth 的培养基中，桂味第 2、3 批次花粉的花粉管显著长于对照($P < 0.05$). 桂味第 1 批花粉在 5.0 mg/L Eth 处理时，花粉管最长，为 351.83 μm；第 2、3 批花粉在 1.0 mg/L Eth 处理时，花粉管最长，分别为 320.17 μm 和 210.50 μm；桂味第 1 批花粉在 20.0 mg/L Eth 处理时，第 2 批花粉在 5.0 ~ 20.0 mg/L Eth 处理时，第 3 批花粉在 5.0 ~ 20.0 mg/L Eth 处理时，花粉管长度均显著小于对照，显示花粉管生长受到抑制(表 4). 抑制不同批次花粉管生长的 Eth 质量浓度不同，可能与桂味花粉的生理状态有关. 1.0 mg/L 的 Eth 对桂味各批次花的花粉管生长均具有促进作用，但在较高质量浓度(20.0 mg/L)时，Eth 则对各批次的花粉管生长均产生抑制作用. 因此，为促进桂味花粉管的生长和受精，施用的 Eth 质量浓度不要超过 1.0 mg/L.

表 4　Eth 对糯米糍和桂味两品种荔枝不同批次花粉管生长的影响

Table 4　Effect of Eth on pollen tube growth of different batches of two varieties of litchi, Nuomici and Guiwei[1)]

W(Eth)/(mg/L)	糯米糍花粉管长 Tube length of Nuomici pollen/μm			桂味花粉管长 Tube length of Guiwei pollen/μm		
	第 1 批 First	第 2 批 Second	第 3 批 Third	第 1 批 First	第 2 批 Second	第 3 批 Third
0.0(对照 Control)	152.00 ± 2.70 d	265.50 ± 2.50 b	195.17 ± 2.23 b	168.00 ± 1.33 d	310.67 ± 2.87b	200.50 ± 2.29 b
1.0	280.67 ± 3.09 b	294.33 ± 1.69 a	206.83 ± 2.73 a	337.17 ± 1.10 c	320.17 ± 2.39 a	210.50 ± 2.13 a
5.0	287.17 ± 1.69 a	230.67 ± 0.58 c	194.50 ± 1.81 b	351.83 ± 1.39 a	254.67 ± 0.70 c	145.33 ± 0.75 c
10.0	274.50 ± 1.20 c	167.33 ± 0.98 c	156.83 ± 1.66 c	341.00 ± 2.43 b	196.00 ± 2.48 d	123.83 ± 0.75 d
20.0	31.17 ± 0.27 e	23.67 ± 1.26 e	66.50 ± 0.76 e	67.17 ± 0.55 e	12.50 ± 2.57 e	87.50 ± 0.86 e

[1)] 同一列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$). Different lowercase letters in the same column indicated significant differences at 0.05 level.

综上所述，Eth 在低质量浓度时对糯米糍和桂味两品种荔枝花粉管的生长具有促进作用，第 1 批花粉管在 1.0 ~ 10.0 mg/L Eth 时，可促进花粉管生长；第 2、3 批花粉仅在 1.0 mg/L Eth 时促进花粉管的生长. 当 Eth 质量浓度为 20.0 mg/L 时，可抑制各批次花粉管的生长. 要同时促进两品种的花粉管的生长和受精，施用的 Eth 质量浓度不能超过 1.0 mg/L.

3　讨论和结论

在自然条件下，荔枝花粉在柱头上的萌发与生长受温度、柱头分泌液等因素的诱导和制约. 当柱头完全成熟时，柱头表面乳突细胞分泌出大量黏液状物质，有利于粘着花粉并提供花粉发芽生长所需的养料[16]. 一些生长调节剂可以促进荔枝花粉的萌发和生长，张开泰等[17]发现，三十烷醇、NAA 等对荔枝花粉的萌发有促进作用，在雌花盛开时(温度偏低)喷洒生长调节剂 NAA 对荔枝结果数有极显著的促进作用. 向旭等[10]的试验发现，NAA 对三月红、淮枝荔枝花粉的萌发和花粉管生长的影响与使用浓度密切相关. 翁树章等[18]的研究发现，广东主要荔枝品种间花粉的萌发率不同，而且在荔枝开花期的不同阶段其花粉萌发率不同，即盛花期比末花期强. 本试验发现，0.5 ~ 3.0 mg/L 质量浓度的 NAA 能促进糯米糍和桂味荔枝花粉萌发，与张开泰等[17]和向旭等[10]的结果相似. 同时，本试验还发现，NAA 促进荔枝不同批次花粉萌发的所用质量浓度不同，且同一品种各批花粉的最佳质量浓度也不完全相同. 因此，为了促进花粉的萌发和提高授粉受精，要考虑花的批次. NAA 对两品种不同批次花粉萌发的促进效果不同，可能与荔枝品种枝梢营养状况或开花量不同，导致花粉生理状态不同有关. 另外，0.5 ~ 3.0 mg/L 的 NAA 能促进糯米糍和桂味两品种荔枝花粉管的生长，这与符碧[19]发现 0.1 ~ 1.0 mg/L NAA 能促进榆材丁香、牛心荔和南岛丁香 3 个海南荔枝品种花粉管生长结果接近，而质量浓度不同，可能与品种不同有关. 本试验中，NAA 促进花粉萌发和花粉管生长的质量浓度不一致，这是否可能与 NAA 促进花粉的萌发与促进花粉管生长的机理不同有关，还有待进一步研究. 糯米糍和桂味开花期中第 2 批花主要为雌花[2-3]，因此，可在两品种第 2 批花即将开放或开放时施用 1.00 ~ 3.00 mg/L 的 NAA，以利于第 2 批雌花的授粉受精. 如果要促进其他批次的雌花受

精，则同样考虑雄花开放的时间和批次，可选择合适的 NAA 质量浓度以促进授粉受精.

Eth 是广泛用于作物生产的植物生长调节剂，其分解后形成乙烯. 乙烯的生理作用非常广泛，既促进营养器官生长，又能影响开花结实[20]. Eth 能抑制花粉萌发与花粉管生长，5～50 mg/L Eth 对苹果(*Malus pumila*)的花粉萌发与花粉管生长有抑制作用，抑制程度与其质量浓度呈正相关[21]. 本试验发现，Eth 在较低质量浓度(1.0～10.0 mg/L)时对糯米糍和桂味两品种荔枝不同批次花粉的萌发和花粉管的生长具有促进作用. Eth 促进两品种不同批次花粉萌发的适宜质量浓度有较大差异，说明 Eth 对花粉的影响较 NAA 更为复杂. Eth 起促进作用的适宜质量浓度在不同批次间，以及不同荔枝品种间表现不一，这是否可能与花粉的生理状态不同有关或受外界环境影响有关，尚有待进一步的研究. 从适宜花粉萌发和花粉管生长的质量浓度看，为促进糯米糍和桂味两品种第 2 批花粉的萌发和花粉管生长，所用 Eth 质量浓度不能超过 1.0 mg/L. Eth 在较高质量浓度(20.0 mg/L)时，对两品种各批次的花粉萌发和花粉管生长均起抑制作用.

为减少荔枝花量，NAA 和 Eth 在荔枝上有过研究和应用[4,22]，而作为疏花剂时 NAA 和 Eth 的质量浓度分别为 20 和 200 mg/L[23]，本试验中，促进糯米糍和桂味两品种各批次花粉萌发和花粉管生长的质量浓度里面，NAA 和 Eth 最大的质量浓度分别为 3.0 和 10.0 mg/L，故 NAA 和 Eth 作为疏花剂使用时其质量浓度远大于促进花粉萌发和花粉管生长的质量浓度. 即 NAA 和 Eth 用来疏花时不利于荔枝花粉萌发和花粉管生长，因此，荔枝在需要授粉受精期间或在第 2 批花开放期间不宜用 NAA 和 Eth 进行疏花.

参考文献：

[1] 华南农业大学. 果树栽培学各论(南方本)[M]. 北京：中国农业出版社，1999：153－175.

[2] 倪耀源，吴素芬. 荔枝栽培[M]. 北京：中国农业大学出版社，1990：1－31.

[3] 李建国. 荔枝学[M]. 北京：中国农业出版社，2008：1－213.

[4] 蔡长河，陈洁珍，欧良喜，等. 荔枝花穗花朵开放习性的观察研究[J]. 广东农业科学，2011(21)：20－24.

[5] 王祥和，胡福初，范鸿雁，等. 不同花穗处理对妃子笑荔枝开花坐果的影响[J]. 西南农业学报，2011，24(1)：201－210.

[6] 薛晓敏，路超，聂佩显，等. 果树化学疏花疏果研究进展[J]. 江西农业学报，2012，24(2)：52－57.

[7] 里程辉，刘志，王宏，等. 不同化学疏花剂对岳帅苹果疏花疏果及果实品质的影响[J]. 江苏农业科学，2014，42(11)：180－182.

[8] 尹欣幸，帕热达木·依米尔，宋瑞琴，等. 乙烯利和萘乙酸对温州蜜柑疏花疏果的影响[J]. 中国南方果树，2015，44(5)：34－36.

[9] 杨刚，张杰，田佶，等. 3 种疏除剂在梨树疏花疏果上的效应[J]. 北京农学院学报，2016，32(1)：1－7.

[10] 向旭，欧良喜，邱燕萍，等. 影响荔枝花粉活力的化学因子研究[J]. 广东农业科学，2000(6)：29－31.

[11] 曾令达，蔡国富，尹艳，等. 微量营养物质及生长调节剂对荔枝花粉萌发及生长的影响研究[J]. 2009，29(6)：30－33.

[12] 贺庆梅，陈岩岩，李启虔，等. 宫粉羊蹄甲花粉离体萌发培养基的筛选[J]. 南方农业学报，2015，46(12)：2173－2179.

[13] 叶欣，谢云，茹华莎. 浙江红山茶花粉萌发与贮藏特性研究[J]. 西北林学院学报，2016，31(1)：103－106.

[14] 陈厚彬. 荔枝产业综合技术[M]. 广州：广东科技出版社，2010：66－81.

[15] 胡香英，胡福初，范鸿雁，等. 5 种植物生长调节剂对妃子笑荔枝开花坐果调控效应的比较[J]. 西南农业学报，2016，29(4)：915－919.

[16] 陈伟，吕柳新. 授粉受精[M]//李建国. 荔枝学. 北京：中国农业出版社，2008：209－213.

[17] 张开泰，郭如灼，章祝华. 几种植物生长调节剂对荔枝花粉萌发率的影响[J]. 福建农学院学报，1989，18(3)：251－255.

[18] 翁树章，李青英，陈育英，等. 广东荔枝主要品种花粉生活力研究初报[J]. 果树科学，1990，7(2)：91－96.

[19] 符碧. 尿素和硼及生长调节剂对荔枝花粉萌发与生长的影响[J]. 云南师范大学学报(自然科学版)，2001，21(3)：62－65.

[20] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 7 版. 北京：高等教育出版社，2012：198－206.

[21] 李秀菊，李香，束环瑞. 硼和尿素及生长调节剂对苹果花粉萌发与生长的影响[J]. 植物生理学通讯，1998，34(2)：96－100.

[22] 周秀叶. 乙烯利对荔枝疏蕾效果初报[J]. 广东农业科学，1982(2)：17－18.

[23] 向中伦，陈厚彬，张红娜，等. 几种化学药剂对荔枝疏花疏果的效应研究[C]//荔枝学术研讨会专刊. 南宁：国家荔枝产业技术研发中心，2009：169－173.

【责任编辑 夏成锋】