

doi:10.11937/bfyy.20170688

温度对“杰兔”兔眼蓝莓花粉活力及柱头可授性的影响

杨 岑^{1,2}, 万兴权¹, 李东平^{1,2}, 李性苑^{1,2}, 张婷滢^{1,2}, 彭 舒^{1,2}

(1. 凯里学院 环境与生命科学学院, 贵州 凯里 556000; 2. 凯里学院 蓝莓研究所, 贵州 凯里 556000)

摘 要:以 5 年生兔眼蓝莓品种“杰兔”为试材,研究了温度对花粉活力和柱头可授性的影响,在此基础上开展了花粉活力和柱头可授性与温度的回归分析,以期阐明温度对蓝莓授粉的影响,明确蓝莓花粉活力和柱头可授性的最适温度,为蓝莓生产栽培花期管理,人工辅助授粉天气选择及温度抗性育种积累科学依据。结果表明:温度对“杰兔”的花粉活力和柱头可授性有显著影响,当温度显著降低或升高时花粉活力和柱头可授性均显著下降,当日均温为 2.4 ℃ 时花粉活力仅为 14.0%,同时柱头不具可授性,当最高温为 32.3 ℃ 时花粉活力亦仅为 41.0%,同时仅 30.0% 的柱头具强可授性。回归分析结果表明,“杰兔”花粉活力最高的适宜温度为 21.5 ℃,柱头可授性最强的适宜温度为 18.2 ℃。

关键词:蓝莓;温度;花粉活力;柱头可授性

中图分类号: S 663.905⁺.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2017)14-0039-05

蓝莓 (Blueberry) 属杜鹃花科 (Ericaceae) 越桔属 (*Vaccinium*) 多年生落叶或常绿灌木果树^[1],又名越桔,原产北美洲,其果实富含花青甙,低糖、低脂肪,抗氧化能力强,以其独特的果实风味和营养保健功能,被列入世界第 3 代水果和人类五大健康食品之一行列^[2-3]。因此,随着人类生活水平的不断提高,蓝莓不仅作为一种美味的水果,更作为一种保健和功能食品,近 15 年在我国得到了迅速发展^[4]。然而,随着产业的迅速发展,在生产中亦出现了新的难题,在我国南方,蓝莓花期正值春季多雨和“倒春寒”时期,2014—2016 年

阴雨和“倒春寒”,及剧烈的天气变化对贵州省黔东南蓝莓生产造成了严重的负面影响。长久以来,种植者和研究者熟知阴雨、温度、剧烈天气对植物开花授粉有着较大的负面影响,亦开展了相关研究^[5-15]。前人研究表明,油橄榄^[6]、甜樱桃^[7]、杏^[8-9]和枇杷^[11-12]等果树花粉原位萌发和花粉管生长的适宜温度为 15~25 ℃。温度的增加会加速柱头和胚囊等雌性器官的退化^[6-7,11-12],适当的低温可以延长枇杷^[12]和甜樱桃^[7]胚珠的寿命。此外,姚平等^[16]研究发现,高温对北高丛蓝莓品种花粉活力和坐果率均有负面影响。

此外,课题组于 2014 年开展了阴雨对蓝莓花粉活力和柱头可授性影响的研究,发现持续阴雨天气对花粉和柱头维持活力有着较大的负面影响,进而降低授粉效率,对生产有着较大的负面影响^[15]。2016 年,课题组以贵州省黔东南地区“倒春寒”持续低温天气为契机,以 5 年生“杰兔”兔眼蓝莓品种为试材,以露地和大棚温度差为基础,开展温度对蓝莓柱头可授性和花粉活力的影响,以期阐明温度对蓝莓授粉的影响,为蓝莓生产栽培

第一作者简介:杨岑(1983-),男,博士,教授,现主要从事果树育种与优质高产栽培技术等研究工作。E-mail: yangqin1028518@126.com.

基金项目:凯里学院 2016 年度科技合作协议资助项目(黔科合 HL 字[2016]7331 号);贵州省教育厅“125 计划”重大科技专项资助项目(黔教合重大专项字[2013]28);凯里学院院级规划资助项目(Z1302);贵州省科技基金计划资助项目(黔科合基础[2016]1132 号)。

收稿日期:2017-04-06

花期管理,人工辅助授粉天气选择,及温度抗性育种积累提供科学依据。

1 材料与方

1.1 试验材料

以种植于凯里学院“双创”实用技能型农林人才培养实训基地内生长健壮且无病虫害的5年生“杰兔”兔眼蓝莓品种植株为试材,以露地和大棚2种栽培方式栽植各30株。

1.2 试验方法

于2016年3月1日按照1.1要求选择供试材料,同时按照课题组前期研究结果^[16]将花分为开花当天(0 d)至开花后7 d共8个发育阶段,从3月1日开始每天分别于露地和大棚栽种参试植株上挂牌40朵大蕾期花作为供试花朵。从3月8—22日,于每天08:00、12:00、16:00、20:00、24:00共5个时点分别记录露地和大棚种植区内各5个点的气温,于每天12:00记录气温后分别采集露地和大棚种植参试植株花后第3天的花30朵,并迅速带回实验室进行花粉活力与柱头可授性测定。

1.3 项目测定

1.3.1 花粉活力测定

将1.2中采集带回实验室的花朵,按照课题组前期试验方法进行花粉收集和活力测定^[17]。即将干燥的1.5 mL离心管管口放置于各处理花的花冠口向下,用镊子轻轻碰撞花冠外壁使花粉全部落入离心管底部,然后加入用pH 7.0的磷酸缓冲液配制的0.5% TTC溶液500 μ L,经震荡混匀后再黑暗条件下37 $^{\circ}$ C水浴2 h,然后每处理取20 μ L花粉悬液在OLYMPU-BX53型显微镜(10 \times 10)下制片观察,每处理制片3张,每张片统计3个视野的红色花粉和总花粉粒的数量,并计算红色花粉占总花粉量的比率(花粉活力),并拍照。

1.3.2 柱头可授性检测

将1.3.1中取下花粉的花瓣用镊子去掉,用解剖刀从花柱基部切取花柱,并将其放置于凹面载玻片上,然后向凹面滴入少量联苯胺-过氧化氢混合液(1%联苯胺:3%过氧化氢:水=4:11:22,体积比),将载玻片置于JSZ6连续变倍体

视显微镜观察记录花柱柱头表面气泡的多少及其边缘的颜色。并按照气泡越多,颜色越深表示柱头可授性越强,反之越弱的方法评价柱头可授性,并按照:“+++”具强可授性;“++”具较强可授性;“+”具可授性;“+/-”部分具可授性;“-”不具可授性的方法记录柱头可授性^[17]。同时统计具各强度柱头可授性的花柱数,并计算其占各处理总花柱数的比率。

1.4 数据分析

将3月8—21日露地和大棚5个时间点的气温输入Excel表,并对比分析选择具体的数据分析时段。选定各特定分析时段数据后,在分析之前先对所有百分率数据进行反正弦转换,并运用SPSS 16.0统计软件采用新复极差方法分析。

此外,对各气温条件下授粉后获得的花粉萌发率、具强可授性花柱比率的最大值运用SPSS(16.0)统计软件以二次项曲线模型进行线性回归分析,获得拟合的二次方程,按照IZZET等^[18]的方法计算花粉萌发、柱头可授性的最低温度、最高温度和最适温度,即: $y = a + bT - cT^2$, $T_{\text{最小}} = \left| \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2c} \right|$; $T_{\text{最大}} = \left| \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2c} \right|$; $T_{\text{最适}} = -b/2c$ 。公式中的y分别代表花粉萌发率和具强可授性花柱的比率,T为实际观测的温度,a、b和c是通过运用SPSS 16.0统计软件以二次项曲线模型进行线性回归分析获得的拟合二次方程的常数。

2 结果与分析

2.1 2种栽培方式的日均温、最低和最高气温变化

将2016年3月8—21日露地和大棚所记录的气温输入Excel表格自动输出日均温,通过筛选获得最低温和最高温,并绘制图1。可以看出大棚内的日均温、最低温和最高温均高于露地对应的对比参数。大棚内的日均温高于露地温度3.1~4.9 $^{\circ}$ C,大棚内的最高气温为3月19日的32.3 $^{\circ}$ C,当天露地的最高气温为27.5 $^{\circ}$ C;其次为3月8日的30.5 $^{\circ}$ C,当天露地的最高气温为25.0 $^{\circ}$ C;露地的最低气温为3月10日的1.2 $^{\circ}$ C,当天大棚最低气温为4.3 $^{\circ}$ C;3月9—10日露

地日均气温均低于 5.0℃,至 3 月 14 日气温才回升至 10.0℃以上,同期大棚的日均气温均高于 5.0℃,3 月 11 日气温则回升至 10.0℃以上。分析认为 3 月 8—13 日出现了典型的“倒春寒”天气现象。结合课题组前期研究结果,确定花粉活力和柱头可授性数据分析时段为 3 月 8—19 日。

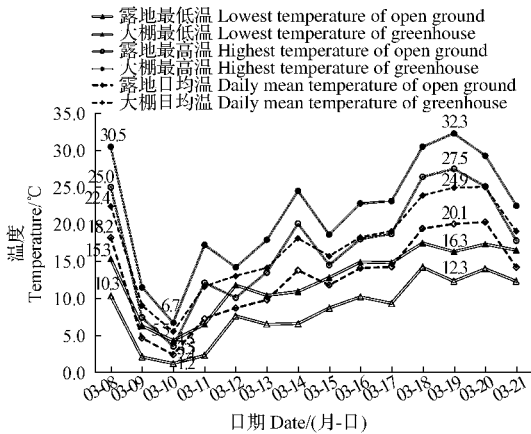


图 1 2016 年 3 月 8—21 日露地和大棚日均温、最低和最高气温变化

Fig. 1 The change of daily mean temperature, lowest temperature and the highest temperature of open ground and greenhouse in the March 8 to 21, 2016

2.2 温度对花粉活力的影响

温度对“杰兔”兔眼蓝莓花粉活力影响的分析结果表明,无论是露地还是大棚种植,当日均温分别从 3 月 8 日的 18.2℃和 22.4℃下降至 3 月

10 日的 2.4℃和 5.5℃时,花粉活力亦分别从 76.0%和 63.0%下降至 14.0%和 32.0%,但值得关注的是此时大棚内的花粉活力显著高于露地的花粉活力,之后随着温度的回升,露地和大棚种植的花粉活力均显著增高,至 3 月 13 日气温分别回升至 9.8℃和 14.1℃时,花粉活力均达到 60%以上,之后保持在 60%~70%,但在 3 月 18、19 日大棚内在 12:00 出现了 30.5℃和 32.3℃的高温,花粉活力亦分别显著下降至 53%和 41%。线性回归分析获得的一元二次方程为 $Y = -0.186 + 0.086T - 0.002T^2$ ($r^2 = 0.915$),通过该回归方程预测“杰兔”兔眼蓝莓花粉活力适宜的最高气温为 21.5℃,此时花粉活力为 73.85%,最低气温为 2.3℃,能够忍受的最高胁迫温度为 40.7℃(表 1)。

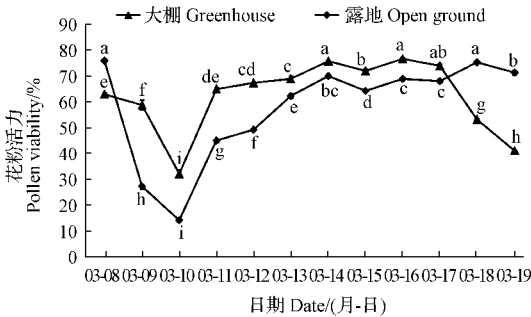


图 2 温度对“杰兔”兔眼蓝莓花粉活力的影响
Fig. 2 Effects of temperature on pollen viability in ‘Premier’ rabbiteye blueberry

表 1 “杰兔”花粉活力和具强可授性的花柱比率的最大预测值与三基点温度

Table 1 Maximum vaule of rate of pollen viability and style with the highest receptivity, and cardinal temperature of ‘Premier’ in response to temperature

项目 Items	最大预测值 Maximum vaule/%	三基点温度 Cardinal temperature/℃		
		最低 Minimum	最适 Optimun	最高 Maximun
花粉活力 Pollen viability	73.85	2.3	21.5	40.7
具强可授性的花柱比率 Rate of style with the highest receptivity	83.51	1.5	18.2	34.9

2.3 温度对柱头可授性的影响

温度对“杰兔”兔眼蓝莓柱头可授性影响的分析结果表明(表 2),温度对“杰兔”兔眼蓝莓柱头可授性有显著影响,在 3 月 8 日大棚内的植株具有较强柱头可授性,露地的植株具有强可授性,当 3 月 9 日温度急剧下降时,柱头可授性均显著下降,此时露地仅有 10%的花柱柱头具有强可授

性,而大棚内有 40%的花柱柱头具有强可授性(图 3),至 3 月 10 日,2 种栽培方式柱头均无可授性,之后随着气温的回升,2 种栽培方式的柱头可授均显著增加,但值得关注的是 3 月 18、19 日,当大棚内的日均温度增高至 23.9℃和 24.9℃时,柱头可授性又显著降低,同时具有强可授性的花柱比率亦显著降低。线性回归分析获得的一元二

次方程为 $Y = -0.155 + 0.109T - 0.003T^2$ ($r^2 = 0.958$), 通过该回归方程预测“杰兔”兔眼蓝莓花粉活力最高的最适气温为 $18.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 此时具有强可

授性的花柱比率为 83.51% , 最低气温为 $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 能够忍受的最高胁迫温度为 $34.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (表 1)。

表 2 温度对“杰兔”兔眼蓝莓柱头可授性的影响

Table 2	Effects of temperature on stigma receptivity in ‘Premier’ rabbiteye blueberry											
日期 Date/(月-日)	03-08	03-09	03-10	03-11	03-12	03-13	03-14	03-15	03-16	03-17	03-18	03-19
大棚 Greenhouse	++	+/-	-	++	++	++	+++	+++	+++	+++	+	+/-
露地 Open ground	+++	-	-	-	+	+/-	++	++	++	++	+++	+

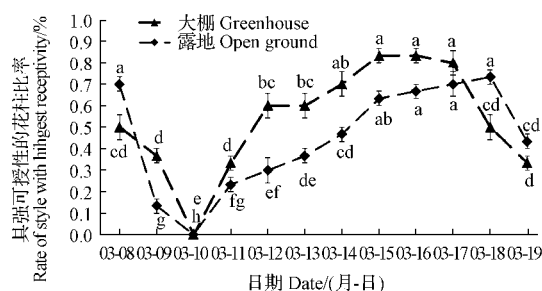


图 3 温度对“杰兔”兔眼蓝莓柱头可授性的影响

Fig. 3 Effects of temperature on stigma receptivity in ‘Premier’ rabbiteye blueberry

3 讨论

大量的研究表明, 生境因子对果树授粉受精的关键生物学因子有着重要的调节作用, 特别是温度对花粉活力、柱头可授性、胚囊寿命和花粉管动力学均有显著影响, 总体表现为低温降低柱头可授性和花粉活力, 但能延长花粉活力和柱头可授性的保持时间, 高温则能提高花粉萌发率和加速花粉管生长, 但亦可以抑制柱头分泌粘液和降低柱头可授性, 同时加速胚囊退化, 各树种或品种的花粉活力和柱头可授性最适宜温度与其花期气温基本一致^[5-15]。该研究发现“杰兔”兔眼蓝莓花粉活力在日均温高于 $15.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 且最高温不超过 $30.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时花粉活力和柱头可授性均较高, 且回归分析表明“杰兔”兔眼蓝莓花粉活力的最适温度为 $21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 柱头可授性的最适温度为 $18.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 亦与其花期的气温相近, 且表现出一致的变化规律。这可能是由于低温抑制了植物体内的生命活动代谢, 花粉萌发进程减缓和柱头粘液分泌减弱, 而高温则加快了生命活动代谢, 但亦加快了雌雄性器官水分的流失, 如柱头粘液水分流失致柱头可授

性下降, 花粉水分流失致活力下降。这与前人在研究温度对北高丛蓝莓品种花粉活力和着果率的结果一致^[16]。近年来灾害性天气频发, 特别是近几年在蓝莓花期均遭遇“倒春寒”和高温天气, 气温变化大, 对蓝莓授粉受精造成了巨大的负面影响, 同时在课题组的前期研究中发现, 阴雨天气亦对蓝莓授粉受精有着巨大的负面影响^[15], 且事实上“倒春寒”常常伴随持续阴雨天气, 在生产中亦有种植者采用大棚种植来预防这种灾害性天气, 但却因缺乏科学依据经常忽略了对温度的管理, 亦造成授粉受精不良而出现僵果。然而更值得关注的是, 随着温室效应的积累, 全球气候逐渐升高将会对品种的栽培分布, 或品种对温度的适应性有着新的需求, 且该研究发现在低温和高温情况下花粉活力和柱头可授性均显著下降, 但目前尚鲜有报道对其对低温和高温持续的时间进行试验研究, 其花粉能够忍受低温和高温的时间仍需进一步研究, 同时还应开展花前温度对花粉活力和柱头可授性的影响。

参考文献

- [1] 杨琴, 李性苑, 秦绍钊, 等. 结果枝类型对兔眼蓝莓着果率和果实品质的影响[J]. 中国南方果树, 2015, 44(3): 133-135, 138.
- [2] 任艳玲, 周杰, 王涛, 等. 贵州蓝莓产业的发展现状及对策[J]. 贵州农业科学, 2016, 44(6): 172-175.
- [3] LISA K J, ANISH M. Differences in cell number facilitate fruit size variation in rabbiteye blueberry genotypes[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2011, 136(1): 10-15.
- [4] 李亚东, 孙海悦, 陈丽. 我国蓝莓产业发展报告[J]. 中国果树, 2016(5): 1-10.
- [5] CORBET S A. Pollination and the weather[J]. Israel Journal of Botany, 1990, 39: 13-30.
- [6] GEORGIOS C, KOUBOURIS I T M, MILTIADIS D V. Impact of temperature on olive (*Olea europaea* L.) pollen performance in relation to relative humidity and genotype[J]. Environ-

mental and Experimental Botany, 2009, 67(1): 209-214.

- [7] FATMA K, FILIZ G. Effect of temperature on *in vitro* pollen germination and tube growth in sweet cherries[J]. American-Eurasian Journal Agriculture and Environment Science, 2009, 6(5): 520-525.
- [8] YI W, LAW S E, MCCOY D, et al. Stigma development and receptivity in almond (*Prunus dulcis*) [J]. Ann Bot, 2006, 97: 57-63.
- [9] BURGOS L, EGEA J, DICENTA F. Effective pollination period in apricot (*Prunus armeniaca* L.) varieties[J]. Annals of Applied Biology, 1991, 119: 533-539.
- [10] CEROVIC R, RUŽIC D, MICIC N. Viability of plum ovules at different temperatures[J]. Annals of Applied Biology, 2000, 137(1): 53-59.
- [11] YANG Q, WANG Y Q, DENG Q X, et al. Effects of temperature on pollen viability and stigma receptivity in *E. japonica* ‘Dawuxing’ [J]. Acta Horticulturae, 2015, 1092: 211-214.
- [12] 杨琴, 付燕, 王永清, 等. 温度对枇杷花粉管生长和胚囊寿命的影响[J]. 果树学报, 2015, 32(4): 646-652.
- [13] YANG Q, FU Y, WANG Y Q, et al. Effects of simulated rain on pollen-stigma adhesion and fertilisation in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) [J]. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 2011, 86(3): 221-224.
- [14] 杨琴, 付燕, 王永清, 等. 阴雨对‘大五星’枇杷柱头可授性和花粉活力的影响[J]. 北方园艺, 2012(6): 7-9.
- [15] 杨琴, 唐露, 李性苑, 等. 阴雨对蓝莓花粉活力和柱头可授性的影响[J]. 北方园艺, 2015(3): 47-49.
- [16] 姚平, 周文杰, 黄国辉, 等. 温度对5个蓝莓品种花粉发芽率和着果率的影响[J]. 中国南方果树, 2017, 46(1): 114-117.
- [17] 杨琴, 任永权, 廖优江, 等. 五个兔眼蓝莓品种有效可授期研究[J]. 北方园艺, 2013(14): 5-7.
- [18] IZZET A, VIJAYA G K. The effects of temperature on *in vitro* pollen germination and pollen tube growth of *Pistacia* spp [J]. Scientia Horticulturae, 2010, 125: 569-572.

Effects of Temperature on Pollen Viability and Stigma Receptivity in ‘Premier’ Rabbiteye Blueberry

YANG Qin^{1,2}, WAN Xingquan¹, LI Dongping^{1,2}, LI Xingyuan^{1,2}, ZHANG Tingting^{1,2}, PENG Shu^{1,2}

(1. College of Environmental and Life Science, Kaili University, Kaili, Guizhou 556000; 2. Research Institute of Blueberry, Kaili University, Kaili, Guizhou 556000)

Abstract: Five-year-old rabbiteye blueberry ‘Premier’ was used as test material, the effects of temperature on pollen viability and stigma receptivity in rabbiteye blueberry were studied. So as to determine the cardinal temperatures (T_{min} , T_{opt} and T_{max}) for pollen viability and stigma receptivity of rabbiteye blueberry by linear regression analysis, and to elucidate the effects of temperature on pollination, and to provide scientific data for flowering management, artificial pollination and temperature resistance breeding. The results showed that, there was a significant difference in pollen viability and stigma receptivity among different temperature, and the pollen viability and stigma receptivity was significantly reduce with the rise or drop significantly of the temperature. The pollen viability was only 14.0% at 2.4 °C, and there was no stigma receptivity, while the pollen viability and the rates of style with intense receptivity were declined obviously to 41.0% and 30.0% respectively when the temperatures were raised to 32.3 °C. Furthermore, the results of regression analysis showed that the temperature of pollen viability and stigma receptivity were 21.5 °C and 18.2 °C respectively.

Keywords: blueberry; temperature; pollen viability; stigma receptivity