

解玮佳, 彭绿春, 李世峰, 等. 北美冬青奥斯特在滇中地区引种的坐果特性[J]. 山西农业科学, 2025, 53(1): 137-143.

XIE W J, PENG L C, LI S F, et al. Fruit-setting characteristics of *Ilex verticillat* oosterwijk introduced in the central yunnan region [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2025, 53(1): 137-143.

doi:10.3969/j.issn.1002-2481.2025.01.15

北美冬青奥斯特在滇中地区引种的坐果特性

解玮佳¹, 彭绿春¹, 李世峰¹, 汤再祥², 段学强³, 宋杰¹

(1. 云南省农业科学院花卉研究所/国家观赏园艺工程技术研究中心, 云南昆明 650205;

2. 昆明海达新花景园艺种苗有限公司, 云南安宁 650300; 3. 武定县尚农红果种植基地, 云南武定 651600)

摘要: 滇中地区已成为我国重要的北美冬青种植区域。为解决当地北美冬青切枝/盆栽质量参差不齐的问题, 为滇中地区北美冬青奥斯特栽培措施制定及挂果期管理提供参考, 以安宁种植的北美冬青奥斯特为试验材料, 观察其物候期, 测定其雄花的花粉活力及雌花的柱头可授性, 并通过人工授粉方式观测其果实生长发育特性。结果表明, 滇中地区种植的北美冬青奥斯特于3月中旬萌发, 4月上旬长梢, 5月中旬开花, 6月上旬至9月上旬果实膨大, 9月中旬至10月上旬果实成熟; 雄花新鲜花粉离体培养1 h的萌发率为8.68%, 培养6 h的萌发率为25.12%; 新鲜花粉授粉于雌花柱头2 d后的萌发率可达75.23%, 平均花粉管长度为1 088.70 μm , 且进入胚珠, 结果显示, 其雌/雄花育性正常; 从人工授粉到果实显红大约需要100 d, 到果实成熟大约需要125 d, 果实生长呈先快后慢的单S生长曲线。

关键词: 北美冬青; 滇中地区; 物候; 育性; 果实生长发育

中图分类号: S686 文献标识码: A 文章编号: 1002-2481(2025)01-0137-07

Fruit-Setting Characteristics of *Ilex verticillat* Oosterwijk Introduced in the Central Yunnan Region

XIE Weijia¹, PENG Luchun¹, LI Shifeng¹, TANG Zaixiang², DUAN Xueqiang³, SONG Jie¹

(1. Institute of Flower, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, National Engineering Research Center for Ornamental Horticulture, Kunming 650205, China; 2. Kunming Haida New Flower Border and Seedlings Cok., Ltd., Anning 650300, China; 3. Wuding Shangnong Red Fruit Field, Wuding 651600, China)

Abstract: The central Yunnan region has become an important planting area of *Ilex verticillat* in China. In order to solve the problem of uneven *Ilex verticillat* cut/potted quality in the local area, provide reference for the formation of cultivation measures and the management of fruit-setting stage for *Ilex verticillat* Oosterwijk in the central Yunnan region, in this study, taking *Ilex verticillat* Oosterwijk planted in Anning as the test material, its phenology was observed, the pollen vitality of male flowers and the stigma receptivity of female flowers were measured, and the fruit growth and development was observed through artificial pollination. The results showed that *Ilex verticillat* Oosterwijk planted in the central Yunnan region sprouted in the middle of March, branched in the early of April, bloomed in the middle of May, fruit-enlarged from the early of June to the early of September, and fruit-ripened from the middle of September to the early of October. The germination rate of fresh pollen from male flowers was 8.68% by cultured *in vitro* for 1 hour and 25.12% by cultured *in vitro* for 6 hours, and the fresh pollen germination rate on the female stigma reached 75.23%, the average length of pollen tubes was 1 088.70 μm at 2 days after pollination and entered the ovules, which indicated that the female and male flower had normal fertility. And it took approximately 100 days to getting-red fruits and 125 days to the ripen fruits after the artificial pollination. And its dynamic growth curve was fast at first and then slow, showing a single S curve.

Keywords: *Ilex verticillat*; central Yunnan region; phenology; fertility; fruit growth and development

收稿日期: 2024-04-30

基金项目: 云南省生物种业和农产品精深加工专项(202302AE090018)

作者简介: 解玮佳, 研究员, 博士, 主要从事花卉种质创新研究, E-mail: 763512376@qq.com

通信作者: 宋杰, 副研究员, 硕士, 主要从事花卉技术推广工作, E-mail: 77452024@qq.com

北美冬青 (*Ilex verticillata*) 为冬青科冬青属植物, 原产于美国东北部^[1], 因其冬季落叶后红果能挂枝头数月而成为国际知名的切枝/盆栽观赏植物^[2]。国内引种北美冬青始于 2006 年^[3], 至今已引进奥斯特 (Oosterwijk)、冬红 (Winter Red)、冬黄 (Winter Gold)、格瑞 (A. Gray) 等 10 多个品种^[4]。在众多的引进品种中, 奥斯特因具有良好的生长表现和较强的适应性而成为我国目前的主推品种^[5]。作为主栽品种, 国内有诸多奥斯特引种栽培^[4-5]及抗性评价^[6-7]等方面的研究报道, 对奥斯特在华中 (湖南武汉地区、浙江温州地区和杭州)、华东 (山东临汾地区和潍坊地区)、华南 (福安) 及东北 (长春) 等多个引种地的物候、生长量及环境适应性等引种特性进行了研究, 结果表明, 奥斯特生长表现因引种地的不同而有所差异。

近几年, 诸多北美冬青基地如雨后春笋般出现在滇中的安宁、玉溪、马龙、会泽及武定等地, 云南已发展成为国内北美冬青最重要的产区之一, 其种植面积及产量已与山东平分秋色。但是, 云南的北美冬青以散户自发种植居多, 其栽培技术多参考华中及山东地区的现有栽培经验^[4-5], 由于缺乏适宜引种地的相关技术而导致北美冬青切枝/盆栽的质量参差不齐。在此背景下, 了解云南特别是滇中地区的北美冬青坐果特性, 对指导当地北美冬青栽培、提高产品质量具有重要意义。

本试验以安宁种植的北美冬青奥斯特为材料, 对其萌动、展叶抽条、开花及结果等物候进行观察, 重点开展其花粉活力 (雄花)、柱头可授性 (雌花) 及果实生长等坐果特性研究, 旨在为提高滇中地区北美冬青的种植技术及产品品质提供技术参考。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验于云南省昆明市安宁的昆明海达新花景园艺种苗有限公司基地进行。基地海拔 1 893.39 m, 全年平均气温 14.9 °C, 年平均降水量为 1 000.5 mm, 年日照时数 2 327.5 h。

1.2 试验材料

试验于 2023 年 3—10 月进行, 选择 3 年生、长势一致的北美冬青奥斯特盆栽开展研究。盆栽所用基质为草炭: 红土按 1:1 比例配制而成, 盆为 2 加仑。所有参试盆栽的土肥管理措施基本一致。

1.3 试验方法

1.3.1 物候期观察 选取盆栽北美冬青雌/雄株各 30 盆, 于 2023 年 3—10 月定株定时进行物候期 (萌动期、展叶抽条期、现蕾期、开花期、果实膨大期、果实成熟期) 观察。物候期的标准参考杨志莹等^[3]制定的标准。

1.3.2 育性检测 雄花的花粉活力检测方法参照符海泉等^[8]的方法。随机选择雄株 3 株, 分别采集各植株上开放当天的雄花 3 朵, 摘取各花的花药, 将其放入离心管内混匀后, 用毛笔蘸取离心管中的花粉, 用液体培养法测定其花粉活力。试验采用的花粉液体萌发培养液配方为 0.01% H₃BO₃+0.01% CaCl₂+0.02% MgSO₄·7H₂O+0.01% KH₂PO₄+10% 蔗糖。用毛笔蘸取离心管中的花粉, 将它们均匀地洒落在盛有液体花粉萌发培养液的 6 mL 培养皿中, 置于 25 °C 恒温培养室中培养 1 h 后取出, 在 Leica DM6000B 显微镜下观察花粉的萌发情况并拍照, 统计萌发率。每个处理选取 5 个视野, 每个视野花粉数不少于 100 粒。

$$\text{花粉萌发率} = \frac{\text{萌发花粉数}}{\text{观察花粉数}} \times 100\% \quad (1)$$

雌花柱头可授性的检测方法参照解玮佳等^[9]的方法进行。分别取未授粉、授粉后 1、2 d 的雌蕊放入 FAA 固定液 (甲醛: 冰醋酸: 70% 乙醇 = 1:1:18) 中固定 1 h, 随后转入 70% 的酒精中, 4 °C 冰箱中保存备用。压片前, 将固定后雌蕊用蒸馏水冲洗至无色, 放入 1 mol/L NaOH 溶液中 60 °C 软化 30 min, 用蒸馏水冲洗至无色, 用 0.1% 水溶性苯胺蓝染色 2 h。将雌蕊放置于载玻片中央, 吸水并滴加 1~2 滴甘油, 盖上盖玻片在荧光显微镜下观察。在 Leica DM6000B 荧光显微镜下观察花粉萌发情况。统计萌发率, 每处理取 3 个雌蕊进行观察。

$$\text{花粉管进入子房的比率} = \frac{\text{进入子房的花粉管数量}}{\text{观察的花粉管总数}} \times 100\% \quad (2)$$

1.3.3 果实生长发育观测 随机选取 10 盆北美冬青的雌株采样盆栽, 每盆选 1 枝, 保留其上 5 个花蕾进行套袋, 待其花开。于 2023 年 5 月 20 日起, 当柱头出现黏液时, 用当天开放的新鲜雄花花粉进行人工授粉后套袋, 套袋 7 d 后去除纸袋。从授粉之日起, 每 25 d 用游标卡尺测量一次果实的纵径和横径。

1.4 数据分析

用 Excel 2003 对试验数据进行整理, 用 SPSS 24.0 进行统计分析, 用 Sigmaplot 14.0 绘图。

2 结果与分析

2.1 物候期分析

从试验的观察结果来看(表1、2,图1),北美冬青奥斯特在安宁于3月中旬开始萌动(图1-A);4月上旬开始展叶抽条(图1-B),抽出的枝数为7.00枝,其新枝长为20.00 cm,新枝上具叶片为14.13片;4月下旬至5月上旬开始现蕾(图1-C、D),新枝上的花蕾数为11.75个;5月中旬雄花开始开花(图1-E),约7~10 d后,雌花开始开花(图1-F);花期约20 d;6月上旬果实开始膨大(图1-G、H);9月中旬果实转为鲜红色(图1-I),10月上旬果实

成熟(图1-J)。10月中下旬果枝进入采收期,其新枝上的挂果数为9.00个。

表1 北美冬青奥斯特在滇中地区的物候期
Tab.1 The phenological stages of *Ilex verticillat* Oosterwijk in the central Yunnan region

物候期 Phenological stage	时间/(月-日) Time	图片示例 Picture
萌动期 Sprouting stage	03-15—04-05	A
展叶抽条期 Leaves and branching stage	04-05—04-25	B
现蕾期 Squaring stage	04-25—05-15	C、D
开花期 Flowering stage	05-15—06-05	E、F
果实膨大期 Fruit swelling stage	06-05—09-15	G、H
果实成熟期 Fruit ripening stage	09-15—10-10	I、J

表2 北美冬青奥斯特在滇中地区的生长情况

Tab.2 The growth of *Ilex verticillat* Oosterwijk in the central Yunnan region

物候期 Phenological stage	生长描述 Growth description	生长值 Value
萌动期 Sprouting stage	芽萌动 /	/
展叶抽条期 Leaves and branching stage	芽迅速抽条,形成新枝 枝数 新枝长 新枝上的叶数	7.00±1.14枝 20.00±1.07cm 14.13±2.59片
现蕾期 Squaring stage	新枝出现花蕾 新枝上的花蕾数	11.75±1.83个
挂果期 Fruit setting stage	果实形成 新枝上的挂果数(个)	9.00±3.16个



A. 萌动期;B. 展叶抽条期;C. 现蕾期;D. 现蕾枝条;E. 雄花开花;F. 雌花开花;G. 果实膨大期;H. 果实膨大期的枝条;I. 果实成熟期;J. 成熟果枝

A. Sprouting stage; B. Leaves and branching stage; C. Squaring stage; D. Close up of budding branch; E. Flowering male flowers; F. Flowering female flowers; G. Fruit swelling stage; H. Close up of swelling-fruit branch; I. Fruit ripening stage; J. Close up of mature fruit branches

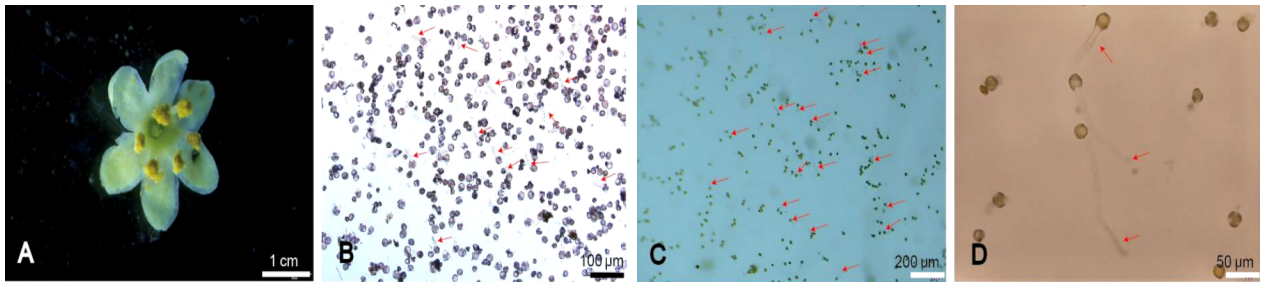
图1 北美冬青奥斯特在滇中地区物候期

Fig.1 Pictures of the phenological period of *Ilex verticillat* Oosterwijk in the central Yunnan region

2.2 育性分析

从本次试验结果来看(图2),北美冬青奥斯特雄花(图2-A)的新鲜花粉在花粉离体萌发液中培

养1 h的萌发率为8.68%(图2-B),而培养6 h的萌发率则为25.12%(图2-C、D)。



A. 雄花; B. 花粉置于培养液 1 h 后萌发; C. 花粉置于培养液 6 h 后萌发; D. 花粉置于培养液 6 h 后萌发的花粉管特写。红色箭头表示萌发的花粉管

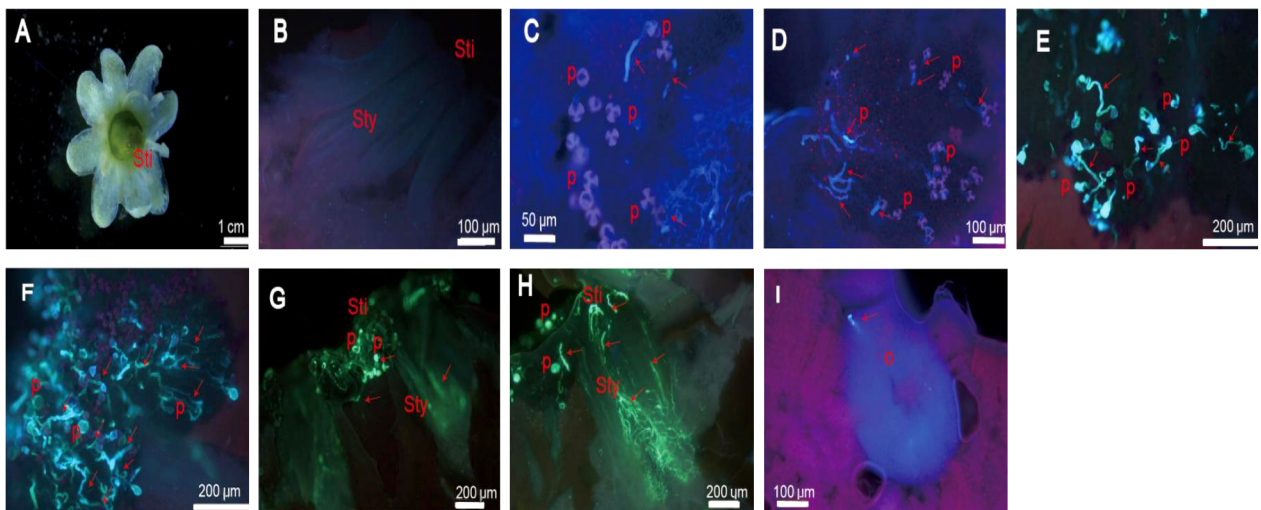
A. Male flower; B. Germinated pollen grains after placed in culture medium for 1 hour; C. Germinated pollen grains after placed in culture medium for 6 hour; D. Close ups of pollen tubes of the germinated pollen grains after placed in culture medium for 6 hour. Red arrows meant the germinated pollen tubes

图 2 北美冬青奥斯特雄花的育性检测

Fig.2 Fertility testing of male flowers of *Ilex verticillat* Oosterwijk

将新鲜花粉授粉于雌花(图 3-A、B)柱头后的荧光显微观察结果显示(表 3),随着授粉时间的增加,花粉萌发率显著增加,授粉后 1h 的花粉萌发率仅为 14.22%(图 3-C),授粉后 6 h 的花粉萌发率有所提高(图 3-D),至授粉后 1 d 的花粉萌发率显著提高为 36.51%(图 3-E),而授粉后 2 d 的花粉萌发率则高达 75.23%(图 3-F);从花粉管生长来看,授

粉后 1~6 h,花粉管伸长速度不显著,但授粉后 1 d,花粉管显著伸长,平均长度达 528.28 μm,且进入花柱(图 3-G);而授粉后 2 d,平均花粉管长为 1 088.70 μm,花粉管达到子房(图 3-H)并进入胚珠(图 3-I)。试验结果表明,北美冬青奥斯特的雄花花粉具有活力而雌花柱头具有可授性。



A. 雌花; B. 未授粉的雌花子房; C. 授粉后 1 h 花粉在雌蕊柱头上萌发; D. 授粉后 6 h 花粉在雌蕊柱头上萌发; E. 授粉后 1 d 花粉在雌蕊柱头上萌发; F. 授粉后 2 d 花粉在雌蕊柱头上萌发; G. 授粉后 1 d 花粉管进入雌花花柱; H. 授粉后 2 d 花粉管进入雌花子房; I. 授粉后 2 d 花粉管进入胚珠。P 为花粉粒; Sti 为柱头; Sty 为花柱; O 为胚珠。红色箭头表示萌发的花粉管

A. Female flower; B. Unpollinated ovary; C. Germinated pollen grains on the stigma of female flower at 1 hour after pollination; D. Germinated pollen grains on the stigma of female flower at 6 hours after pollination; E. Germinated pollen grains on the stigma of female flower at 1 days after pollination; F. Germinated pollen grains on the stigma of female flower at 2 days after pollination; G. The pollen tubes entered the style of female flower at 1 day after pollination; H. The pollen tubes entered the ovary of female flower at 2 days after pollination; I. The pollen tube entered the ovule of female flower at 2 days after pollination. P meant the pollen grains; Sti meant the stigma; Sty means the style; O meant the ovule. Red arrows meant the germinated pollen tubes

图 3 北美冬青奥斯特雌花的育性检测

Fig.3 Fertility testing of female flowers of *Ilex verticillat* Oosterwijk

表3 北美冬青奥斯特雌花的育性调查

Tab.3 The fertility testing of female flowers of *Ilex verticillat* Oosterwijk

授粉后时间 Days after pollination	花粉在柱头上的萌发率/% Pollen germination rate on the stigma	花粉管平均长度/ μm The average length of pollen tubes	花粉管达到位置 Place which the pollen tubes reached
1 h	14.22 \pm 7.40d	110.80 \pm 7.28c	柱头
6 h	28.43 \pm 10.52c	153.88 \pm 15.66c	花柱
1 d	36.51 \pm 19.37b	528.28 \pm 69.72b	花柱
2 d	75.23 \pm 12.24a	1 088.70 \pm 31.51a	子房

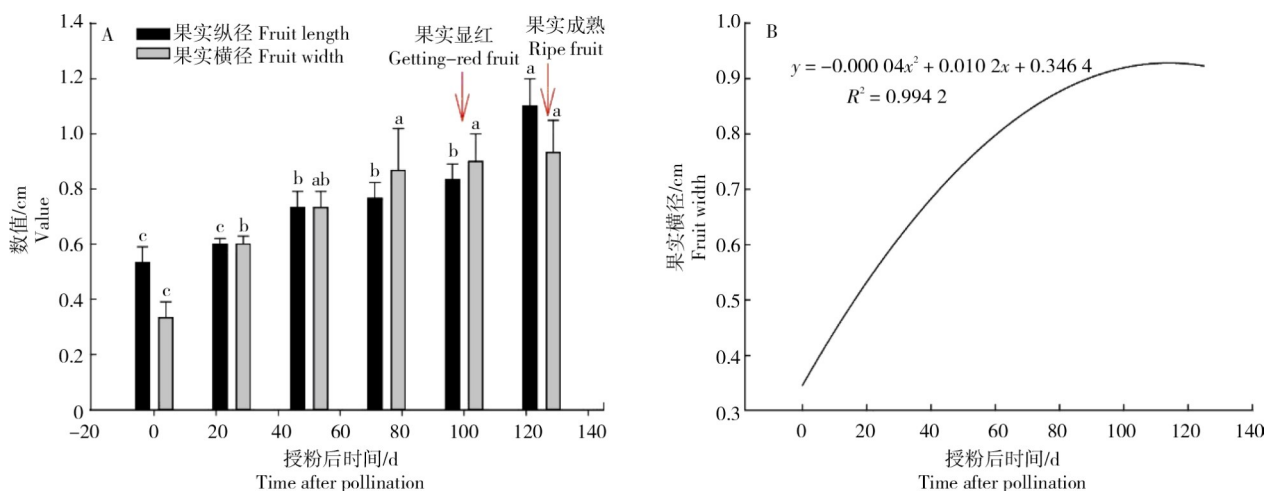
注:不同小写字母表示处理间差异达显著水平($P<0.05$)。

Note: The different lowercase letters represented the significant difference level among different treatments($P<0.05$).

2.3 果实生长发育的观察

本次北美冬青奥斯特的人工授粉结果显示(图4),从人工授粉到果实成熟大约需要125 d。具体来看,奥斯特子房的纵径为0.53 cm,横径为0.33 cm;在授粉后0~25 d,果实纵径缓慢增长(25 d时为0.60 cm),而果实横径则显著增大(25 d时为0.60 cm),该时期为果实的膨大期;在授粉后25~50 d,果实纵径显著增长(50 d时为0.77 cm, $P<0.05$),而果实横径虽有所增大,但不显著(50 d

时为0.73 cm),这一时期为果实的伸长期;在授粉后50~75 d,而果实纵径略有增长,横径有所增加(75 d时为0.87 cm);在授粉后75~100 d,果实外观开始显红;在授粉后100~125 d,果实纵径显著增长(125 d时为1.10 cm, $P<0.05$),而果实横径无显著变化(125 d时为0.93 cm),继而果实成熟。以北美冬青果实横径为因变量,时间为自变量,拟合Quadratic模型曲线,其 R^2 值为0.994 2,而F值和P值均达到显著,说明模型具有较好的拟合度。



不同小写字母表示处理间差异达显著水平($P<0.05$)

The different lowercase letters represented the significant difference level among different treatments($P<0.05$)

图4 授粉后不同天数的北美冬青奥斯特果实发育情况(A)及其拟合曲线(B)

Fig.4 The fruit development (A) and fitting curve (B) of *Ilex verticillat* Oosterwijk at the different days after pollination

3 结论与讨论

从本试验结果来看,安宁种植的北美冬青奥斯特物候具体表现为萌发(3月中旬)、长梢(4月上旬)、开花(5月中旬)、果实膨大期(6月上旬至9月上旬)和果实成熟期(9月中旬至10月上旬)等几个

阶段。前人研究结果表明,奥斯特在郑州地区为3月下旬萌发,4月上旬长春梢,5月上中旬开花,5月下旬至6月上旬开花结果,10月上旬果实逐渐着色^[10];在温州地区则为3月下旬至4月上旬发芽,4月上中旬展叶,5月下旬至6月上旬开花,9月下旬至10月上旬果实转色,10月中旬转红;在临汾、

潍坊地区表现为3月中旬发芽,4月中上旬抽枝展叶,5月中旬至6月上旬开花结果,6月下旬果实膨大,9月中下旬果实着色,10月中旬转红^[3];在湖北武汉地区为10月中下旬果实着色转红^[10]。将本试验结果与前人研究结果比较后发现,安宁种植的奥斯特在萌发、抽梢展叶、开花、果实膨大等几个阶段与其他引种地的表现基本一致,但在果实转红阶段(9月中下旬)明显早与其他引种地(10月中旬)。

现有研究证实,温度和光照对植物的开花坐果具有重要影响^[11]。高温条件下,植物需要消耗大量养分来加强营养生长,由此导致开花坐果等生殖生长相关的养分分配降低,最终表现为花芽分化减少或坐果率降低^[12]。逆境胁迫会导致植物体内碳水化合物的分配,从而调控生长发育过程中碳水化合物在源和库之间的运输^[13-14]。比如,水稻在高温胁迫下的光合能力会降低,光合产物总量亦会减少,从而对籽粒的积累会产生不利影响,造成籽粒中干物质积累速度和积累量降低^[15]。北美冬青奥斯特已报道的引种地7—8月温度均较高,比如,潍坊地区7月平均温度为26.5℃,最高温度可达40℃^[6];温州地区7月平均气温为28.1℃,最高气温39.6℃。由此可推测,高温可能影响了北美冬青奥斯特果实的营养积累,从而延缓了其果实的着色转红期。而在本试验中,引种地安宁6—8月的平均温度仅在19.3~20.1℃,地面温度在22.3~23.0℃^[16],温度较适宜坐果,推测其为安宁北美冬青奥斯特果实转红阶段(9月中下旬)明显早于其他引种地(10月中旬)的主要原因。但是,果实转色是多种代谢物相互协调、共同作用的复杂持续反应的过程,要了解北美冬青奥斯特果实转红的内在机制,未来还需要从比较代谢组等方面进一步研究。

现有研究均表明,北美冬青奥斯特雄株花期早于雌株^[5],本试验的物候观察结果与之吻合。花粉离体培养是检测花粉生活力的常用方法^[8]。不同浓度的糖、硼和钙对大喇叭杜鹃四合花粉萌发和花粉管生长具有不同的影响^[17]。所以,在延长花粉离体培养时间的同时,可能还需对北美冬青奥斯特花粉离体萌发液中的糖、硼酸和钙的配比进行研究,以找到适宜该物种的适宜配方。另外,是否授粉是决定雌雄异株植物坐果好坏的一个关键环节。本研究表明,北美冬青奥斯特雄花花

期早于雌花,为保证坐果率,除了优化授粉树配置外^[3],未来还可通过开展花粉采集与保存,液体喷雾等人工辅助授粉等技术来提高其坐果率。

以植物果实纵横径、体积、鲜质量或干质量为基础所作的生长累加曲线大体可以分为单S型和双S型2种曲线^[18]。在本试验中,北美冬青奥斯特果实纵径和横径的生长趋势基本表现为先快再慢的趋势,类似单S生长曲线,与甜瓜植株和果实的形态发育结果相似^[19]。人工授粉试验结果表明,在授粉后0~80 d,北美冬青奥斯特果实以膨大生长为主,而在授粉后80~125 d,果实以伸长生长为主。从实际生产来看,北美冬青结果多依赖于蜜蜂等昆虫的传粉,故其果实的实际生长情况与本研究中的人工授粉情况会有所差异。为更好地指导生产,未来还需要做进一步探究。而从指导生产的角度看,在北美冬青奥斯特果实生长发育的4个月里,从栽培管护上须注意保水保肥,才能保证果实的正常发育。

参考文献:

- [1] GUTIERREZ YANEZ D, EMANUEL I B, ROMAN-REYNA V, et al. First report of *Pseudomonas syringae* causing bacterial leaf spot on winterberry holly (*Ilex verticillata*) in Ohio[J]. *Plant Disease*, 2022, 107(7): 2213.
- [2] LIU L Y, HE J, HAO M Z, et al. First report of leaf spot on *Ilex verticillata* caused by *Alternaria alternata* in China[J]. *Plant Disease*, 2023, 107(7): 2228.
- [3] 杨志莹, 王伟, 王成金, 等. 潍坊地区北美冬青引种研究[J]. *安徽农业科学*, 2019, 47(2): 114-116.
YANG Z Y, WANG W, WANG C J, et al. Study on introduction of *Ilex verticillata* in Weifang area[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2019, 47(2): 114-116.
- [4] 王伟丽, 何立平, 余敏芬, 等. 12个北美冬青品种的ISSR亲缘关系分析[J]. *浙江农林大学学报*, 2018, 35(4): 612-617.
WANG W L, HE L P, YU M F, et al. Phylogenetic relationships among 12 cultivars of *Ilex verticillata* based on ISSR molecular markers[J]. *Journal of Zhejiang A & F University*, 2018, 35(4): 612-617.
- [5] 查琳, 袁紫倩, 董建华, 等. ‘奥斯特’北美冬青在我国区域性引种试验[J]. *林业科技开发*, 2015(6): 80-82.
ZHA L, YUAN Z Q, DONG J H, et al. Regional introduction experiment of *Ilex verticillata* ‘Oosterwijk’[J]. *China Forestry Science and Technology*, 2015(6): 80-82.
- [6] XIE X T, GU Y J, WANG W L, et al. Exogenous spermidine improved drought tolerance in *Ilex verticillata* seedlings[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2023, 1: 1-14.
- [7] 李雪霞, 钟颂正, 陈茜, 等. 4个北美冬青品种对干旱胁迫的应激反应及耐旱性比较[J]. *东北林业大学学报*, 2024, 52(5):

- 34-41.
- LI X X, ZHONG S Z, CHEN X, et al. The stress responses and comparison of drought tolerance in four varieties of *Ilex verticillata* under drought stress[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2024, 52(5): 34-41.
- [8] 符海泉, 张宁, 王义, 等. 椰枣花粉离体萌发及花粉贮藏方法分析[J]. 分子植物育种, 2022, 20(12): 4085-4093.
- FU H Q, ZHANG N, WANG Y, et al. *In vitro* pollen germination and pollen storage methods of *Phoenix dactylifera* L[J]. Molecular Plant Breeding, 2022, 20(12): 4085-4093.
- [9] 解玮佳, 宋杰, 唐路瑶, 等. 高山杜鹃‘XXL’与蓝果杜鹃的杂交亲和性[J]. 分子植物育种, 2023, 21(2): 582-588.
- XIE W J, SONG J, TANG L Y, et al. Cross compatibility of the cross between *Rhododendron* ‘XXL’ and *R. cyanocarpum* [J]. Molecular Plant Breeding, 2023, 21(2): 582-588.
- [10] 杨玉珍, 陈刚, 王国霞, 等. 北美冬青的园林特性及其应用[J]. 农学学报, 2015, 5(4): 73-76.
- YANG Y Z, CHEN G, WANG G X, et al. Landscape characteristics of North American holly and its application[J]. Journal of Agriculture, 2015, 5(4): 73-76.
- [11] 萨日娜, 温婷, 魏绪英, 等. 场地微气候对红花石蒜开花物候的影响[J]. 南方林业科学, 2024, 52(1): 5-10.
- SA R N, WEN T, WEI X Y, et al. Effect of site microclimate on flowering of *Lycoris radiata*[J]. South China Forestry Science, 2024, 52(1): 5-10.
- [12] SIMON P, KARNATZ A. Effect of soil and air temperature on growth and flower formation of purple passionfruit (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) [J]. Acta Horticulturae, 1983 (139): 83-90.
- [13] ROLLAND F, MOORE B, SHEEN J. Sugar sensing and signaling in plants[J]. The Plant Cell, 2002, 14(suppl_1): S185-S205.
- [14] BAENA-GONZÁLEZ E, ROLLAND F, THEVELEIN J M, et al. A central integrator of transcription networks in plant stress and energy signalling[J]. Nature, 2007, 448: 938-942.
- [15] ARSHAD M S, FAROOQ M, ASCH F, et al. Thermal stress impacts reproductive development and grain yield in rice [J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2017, 115: 57-72.
- [16] 吴少平, 黄志昭. 安宁县三七的引种和栽培管理中的问题[J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 1988, 8(4): 10-16.
- WU S P, HUANG Z Z. *Panax notoginseng* introduction and cultivation control in Anning, Yunnan[J]. Journal of Yunnan Normal University (Natural Sciences Edition), 1988, 8(4): 10-16.
- [17] 解玮佳, 李世峰, 李树发, 等. 高山杜鹃与大喇叭杜鹃种间杂交过程的观察研究[J]. 西北植物学报, 2012, 32(12): 2432-2437.
- XIE W J, LI S F, LI S F, et al. Observation of the interspecific cross process between *Rhododendron* ‘nova zembra’ and *r. excellens*[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2012, 32(12): 2432-2437.
- [18] 熊利, 廖科, 鲁军, 等. “三华”油茶果实生长发育特征研究[J]. 湖南林业科技, 2023, 50(4): 22-28.
- XIONG L, LIAO K, LU J, et al. Study on the fruit development and growth characteristics in *Camellia oleifera* varieties of "Huajin", "Huaxin" and "Huashuo"[J]. Hunan Forestry Science & Technology, 2023, 50(4): 22-28.
- [19] 马二磊, 黄芸萍, 臧全宇, 等. 甜瓜植株和果实生长模型的拟合与分析[J]. 南方农业学报, 2018, 49(7): 1358-1363.
- MA E L, HUANG Y P, ZANG Q Y, et al. Growth model fitting and analysis of melon plant and fruit[J]. Journal of Southern Agriculture, 2018, 49(7): 1358-1363.