

## 玉米素灭菌方式和浓度对蓝莓试管苗增殖的影响

柴慈江<sup>1</sup>, 王坤英<sup>1</sup>, 张文文<sup>1</sup>, 刘春鹏<sup>2</sup>, 魏维<sup>1</sup>, 邹航<sup>1</sup>

(1. 天津农学院 园艺园林学院, 天津 300384; 2. 天津市泽芃农业科技有限公司蓟州区泽芃庄园蓝莓种植基地, 天津 301900)

**摘要:** 在蓝莓试管苗增殖培养基配制过程中对 ZT 分别采取高温和过滤两种方式灭菌, 以便探讨不同灭菌方式对 ZT 作用的影响; 在 WPM 培养基中分别添加不同浓度的 ZT, 接种蓝莓试管苗茎段进行增殖培养。结果表明, 在 ZT 浓度为 1.0 mg/L 和 2.0 mg/L 时, ZT 高温灭菌和过滤灭菌两种处理的蓝莓试管苗繁殖系数无显著差异, 高温灭菌对 ZT 的作用无明显不利影响; 对于‘蓝丰’‘北陆’和‘爱国者’3 个蓝莓品种, 在 ZT 浓度为 0.5~3.0 mg/L 的范围内, ZT 浓度为 0.5 mg/L 处理的试管苗繁殖系数较高, 这 3 个蓝莓品种试管苗增殖培养基以采用 WPM+ZT 0.5 mg/L 为宜。

**关键词:** 玉米素; 高温灭菌; 浓度; 蓝莓试管苗; 增殖

中图分类号: S604.3; S723.123.6

文献标识码: A

## Effect of sterilizing method and concentration of ZT on blueberry plantlet *in Vitro* proliferation

CHAI Ci-jiang<sup>1</sup>, WANG Kun-ying<sup>1</sup>, ZHANG Wen-wen<sup>1</sup>, LIU Chun-peng<sup>2</sup>, WEI Wei<sup>1</sup>, ZOU Hang<sup>1</sup>

(1. College of Horticulture and Landscape, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China; 2. “ZEPENG Manor” Blueberry Plantation, “ZEPENG” Agricultural Science and Technique Limited Company, Jizhou District, Tianjin 301900, China)

**Abstracts:** Both methods of ZT sterilized by high temperature and ZT sterilized by filtering were respectively done in making media for blueberry plantlet *in vitro* proliferation to research on the effect of the sterilizing method on ZT function. The stem sections of blueberry plantlet *in vitro* were respectively inoculated in WPM media containing different concentration of ZT for shoot proliferation. The results showed that with the ZT concentration of 1.0 mg/L or 2.0 mg/L there were no significant difference in coefficient of multiplication of blueberry plantlet *in vitro* between methods of ZT sterilized by high temperature and ZT sterilized by filtering, and sterilizing with high temperature had no obvious unfavorable effect on ZT function. For blueberry varieties (‘Bluecrop’ ‘Northland’ and ‘Patriot’) the treatment of 0.5 mg/L ZT obtained the higher coefficient of multiplication among ZT concentration of 0.5-3.0 mg/L, and then the suitable multiplication medium for the three blueberry varieties was WPM+ZT 0.5 mg/L.

**Key words:** ZT; sterilizing with high temperature; concentration; blueberry plantlet *in vitro*; multiplication

蓝莓 (blueberry) 又名越桔、蓝浆果, 为杜鹃花科 (*Ericaceae*) 越桔属 (*Vaccinium*) 植物, 多年生落叶或常绿灌木。蓝莓果实除含有蛋白质、脂肪、碳水化合物等营养物质外, 还富含 VE、VC 和 VA 等维生素和果胶, 特别是含有丰富的花青素、黄酮类及多酚类物质, 这些物质具有很强的抗氧化能力, 可以改善人体内部抗氧化环境, 提高机体免疫能力。其中花青素在预防神经和心血管类疾病、糖尿病以及治疗癌症等方面起着重要作用, 因此, 蓝莓具有良好的营养保健作用, 可防止脑神经老化、强心、抗癌、软化血管、增

强人的机体免疫能力、保护视力、提高记忆力水平、改善睡眠、强身健体等, 被国际粮农组织认定为五大健康食品之一<sup>[1-3]</sup>。

我国蓝莓栽培起步较晚, 但近年来发展很快, 2008—2014 年, 蓝莓产量以平均每年 50.7% 的速度递增, 2017 年栽培面积达到 31 210 hm<sup>2</sup>, 总产量为 114 905 t, 预计到 2026 年, 我国将超越北美成为全球第一蓝莓生产国<sup>[4]</sup>。我国蓝莓栽培的快速发展带来蓝莓苗木的大量需求, 而组织培养快速繁殖技术是满足蓝莓苗木需求的有效途径。目前, 我国蓝莓组培快繁技术比较成熟, 有的单位已经

收稿日期: 2018-09-17

基金项目: 国家星火计划项目 (2008GA610015); 天津市星火计划项目 (08ZHXC07000); 天津市林果现代农业产业技术体系创新团队项目 (ITTFPRS2018002)

作者简介: 柴慈江 (1960-), 男, 教授, 硕士, 主要从事园艺植物组织培养方面的研究。E-mail: cijiang666@163.com。

具备了年产 100 万苗木的生产能力<sup>[5]</sup>。

试管苗的增殖培养是蓝莓组织培养快速繁殖技术的关键环节之一,玉米素(简称 ZT)则是蓝莓试管苗增殖培养中使用最为普遍的植物激素。关于玉米素的灭菌方式,一些教科书中认为玉米素在高温下易于分解,应该采用过滤灭菌方式灭菌<sup>[6-7]</sup>,有的研究也明确提出玉米素采用了过滤灭菌的方式<sup>[8]</sup>。但有的研究中对玉米素的灭菌则采用了高温灭菌方式<sup>[9-10]</sup>,而大多数研究没有明确述及玉米素的灭菌方式。过滤灭菌方式由于操作程序比较复杂,会给试管苗大规模繁殖中培养基的配制工作带来不便。而高温灭菌会对玉米素的作用产生多大影响,对此尚未见研究报道。此外,目前研究中关于玉米素的使用浓度也不尽一致。本文对玉米素的灭菌方式及使用浓度进行了探讨,以便为完善蓝莓组培快繁技术提供依据。

## 1 材料与方 法

以在含有 ZT 1.0 mg/L 的 WPM 培养基中继代培养的蓝莓试管苗为试材,进行下列 2 项试验。

### 1.1 ZT 的灭菌方式对蓝莓试管苗茎芽增殖影响的研究

以 WPM 培养基为基本培养基,在培养基中分别添加浓度为 1.0 mg/L 和 2.0 mg/L 的 ZT,ZT 的灭菌方式分为常规高温灭菌和过滤灭菌两种方式。

**高温灭菌:**将 ZT 加入培养基后与培养基在灭菌锅中 121 ℃ 保持 16 min。

**过滤灭菌:**先将未添加 ZT 的培养基在灭菌锅中以 121 ℃ 保持 16 min 进行高温灭菌,待培养基冷却至 40~50 ℃ 时,在超净工作台的无菌环境中将玉米素用过滤器过滤除菌,然后加入到培养基中。

试验共设 5 个处理:ZT 1.0 mg/L+高温灭菌,ZT 2.0 mg/L+高温灭菌,ZT 1.0 mg/L+过滤灭菌,ZT 2.0 mg/L+过滤灭菌,ZT 0 mg/L+高温灭菌。各培养基的 pH 值均调至 5.3,用 8.0 g/L 的琼脂做固化剂。各个处理的培养基灭菌后,将‘公爵’‘北陆’‘爱国者’3 个品种的蓝莓试管苗茎段分别接种于各种培养基中,接种茎段长度为 1.5~2.0 cm,每个品种每种处理接种 3 瓶,每瓶 4 个茎段,共 12 个茎段。

上述各处理接种后,放在培养室培养,培养条件为:光照强度 1 500~2 000 Lx,温度 23~28 ℃,

光照时间 14 h/d。培养 40 d 后,调查萌芽率、茎尖数、最大茎长及繁殖系数等各项指标,其中茎尖数为一个培养周期后的茎尖总数,最大茎长为接种茎段新形成的分枝中最长分枝的长度,繁殖系数为接种茎段在一个培养周期后形成的可用于再接种的茎段数。用卡平方法对萌芽率做独立性测验,其他各项指标按照完全随机试验单向分组资料的方法做方差分析,并用邓肯氏新复极差法做多重比较。

### 1.2 ZT 浓度对蓝莓试管苗茎芽增殖影响的研究

以 WPM 培养基为基本培养基,在培养基中分别加入浓度为 0.5、1.0、1.5、2.0、3.0 mg/L 的 ZT,并加入蔗糖 20 g/L,琼脂 8 g/L,pH 调节至 5.3,培养基分装封口后,在灭菌锅中进行高温灭菌(121 ℃,16 min)。培养基灭菌后,将‘蓝丰’‘北陆’和‘爱国者’3 个品种的蓝莓试管苗茎段分别接种于各种培养基中,接种茎段长度 1.5~2.0 cm,每个品种每种处理接种 2 瓶,每瓶 5 个茎段共 10 个茎段。

上述各处理接种后,放在培养室培养,培养条件同试验 1.1。培养 40 d 后,调查茎尖数、最大茎长及繁殖系数等各项指标,各项指标的统计分析方法同试验 1.1。

## 2 结果与分析

### 2.1 ZT 灭菌方式对蓝莓试管苗茎芽增殖的影响

ZT 不同灭菌方式各处理培养的蓝莓试管苗萌芽及茎芽增殖情况见表 1、表 2。

由表 1 可见,对于‘公爵’和‘爱国者’品种,所有添加 ZT 的处理的茎段中下部芽萌芽率、茎段顶部芽萌芽率及总萌芽率均显著高于未添加 ZT 的处理,而且 ZT 的高温灭菌和过滤灭菌处理之间无显著差异。对于‘北陆’蓝莓品种,各处理之间茎段顶部芽的萌芽率无显著差异,但是添加 ZT 处理的茎段中下部芽的萌芽率显著高于未添加 ZT 处理,除高温灭菌的 ZT 1.0 mg/L 处理外,其余各 ZT 处理的总萌芽率显著高于未添加 ZT 处理。ZT 浓度为 2.0 mg/L 时,高温灭菌与过滤灭菌 2 个处理之间的茎段萌芽率无显著差异,ZT 浓度为 1.0 mg/L 时,过滤灭菌的茎段萌芽率显著高于高温灭菌。

上述结果表明,对于‘公爵’和‘爱国者’2 个蓝莓品种,ZT 浓度为 1.0 mg/L 和 2.0 mg/L 时均

可明显促进茎段萌芽率的提高, ZT 的高温灭菌和过滤灭菌对萌芽率的促进效果无明显差异。对于‘北陆’蓝莓, ZT 浓度为 2.0 mg/L 时, ZT 的高温灭菌和过滤灭菌对萌芽率的促进效果无明显差异。

表 1 ZT 不同灭菌方式处理下蓝莓试管苗的萌芽状况

蓝莓品种	灭菌方式	ZT 浓度	中下部芽萌芽率	顶部芽萌芽率	总萌芽率
		mg/L	%	%	%
公爵	高温	0	25.0b	50.0b	5.7b
	高温	1.0	76.9a	91.7a	84.0a
	高温	2.0	83.3a	91.7a	87.5a
	过滤	1.0	50.0a	91.7a	67.9a
	过滤	2.0	81.8a	91.7a	87.0a
	高温	0	0c	100.0a	41.4b
北陆	高温	1.0	21.4b	100.0a	45.0b
	高温	2.0	56.8a	100.0a	66.1a
	过滤	1.0	55.6a	91.7a	63.2a
	过滤	2.0	68.2a	91.7a	73.2a
	高温	0	0b	0b	0b
	高温	1.0	23.0a	91.7a	44.7a
爱国者	高温	2.0	30.8a	91.7a	50.0a
	过滤	1.0	15.8a	91.7a	45.2a
	过滤	2.0	20.0a	100.0a	47.4a

注: 表内数据后不同小写字母表示 0.05 水平差异显著。下同

由表 2 可见, 对于‘公爵’, 过滤灭菌的 ZT 1.0 mg/L 处理的茎尖数与未添加 ZT 处理无显著差异, 但显著低于高温灭菌的 ZT 1.0 mg/L 处理及其他添加 ZT 各处理; 在最大茎长和繁殖系数上, 添加 ZT 的各处理均显著高于未添加 ZT 处理, ZT 的高温灭菌和过滤灭菌处理之间则差异不显著。

对于‘北陆’, 高温灭菌的 ZT 1.0 mg/L 处理的茎尖数显著低于过滤灭菌处理, 但是其最大茎长则显著高于过滤灭菌的 ZT 2.0 mg/L 处理并与过滤灭菌的 ZT 1.0 mg/L 无显著差异。在繁殖系数上所有添加 ZT 的处理均显著高于未添加 ZT 的处理, 并且 ZT 的高温灭菌和过滤灭菌处理之间无显著差异。

对于‘爱国者’, 两个高温灭菌的 ZT 处理的茎尖数均显著高于未添加 ZT 的处理, 高温灭菌的

ZT 1.0 mg/L 处理的茎尖数显著高于过滤灭菌的 ZT 1.0 mg/L 处理; 在最大茎长和繁殖系数上添加 ZT 的各处理均显著高于未添加 ZT 的处理, 两种灭菌方式之间差异不显著。

综合上述, 添加 ZT 可以明显促进蓝莓茎段萌芽, 并明显增加繁殖系数。在 ZT 浓度为 1.0 mg/L 和 2.0 mg/L 时, 对 ZT 采用高温灭菌和过滤灭菌对供试 3 个品种蓝莓试管苗的繁殖系数的影响无明显差异, 因此, 为简化蓝莓增殖培养基的配制工作, 对 ZT 可以采用高温灭菌的方法进行灭菌。

表 2 ZT 不同灭菌方式处理下蓝莓试管苗茎芽增殖状况

蓝莓品种	灭菌方式	ZT 浓度	茎尖数	最大茎长	繁殖系数
		mg/L	个	mm	
公爵	高温	0	1.0b	5.8b	1.1b
	高温	1.0	2.4a	25.1a	6.5a
	高温	2.0	1.6a	13.2a	3.7a
	过滤	1.0	1.3b	16.2a	3.8a
	过滤	2.0	2.0a	15.3a	4.6a
	高温	0	1.0c	21.4a	2.9b
北陆	高温	1.0	3.2b	23.4a	6.9a
	高温	2.0	3.9ab	19.5a	8.2a
	过滤	1.0	4.3a	20.3ab	9.4a
	过滤	2.0	4.9a	13.9b	9.0a
	高温	0	1.0c	0b	1.0c
	高温	1.0	1.9a	18.4a	5.1ab
爱国者	高温	2.0	1.8ab	16.0a	5.8a
	过滤	1.0	1.1bc	16.7a	4.1b
	过滤	2.0	1.7abc	17.4a	5.0ab

供试 3 个品种蓝莓试管苗在各处理中的生长状况见图 1。

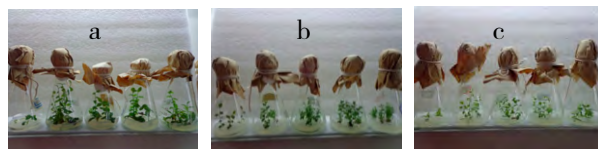


图 1 不同 ZT 灭菌方式处理下 3 个品种蓝莓试管苗生长状况

注: 蓝莓品种: a 为‘公爵’, b 为‘北陆’, c 为‘爱国者’; 各品种的 ZT 处理从左至右依次为: ZT 0 mg/L+高温灭菌, ZT 1.0 mg/L+高温灭菌, ZT 2.0 mg/L+高温灭菌, ZT 1.0 mg/L+过滤灭菌, ZT 2.0 mg/L+过滤灭菌

## 2.2 ZT 浓度对蓝莓试管苗茎芽增殖的影响

不同 ZT 浓度试验的结果见表 3。

表 3 ZT 浓度对蓝莓试管苗增殖培养的影响

蓝莓品种	ZT 浓度	茎尖数	最大茎长	繁殖系数
	mg/L	个	mm	
蓝丰	0.5	3.8a	25.9a	6.3a
	1.0	5.8a	21.8a	5.7a
	1.5	3.7a	24.5a	4.5a
	2.0	6.0a	21.8a	6.0a
	3.0	5.9a	21.7a	4.8a
北陆	0.5	4.2bc	28.5a	5.9a
	1.0	4.1bc	21.8ab	3.9b
	1.5	3.6c	21.7ab	3.2b
	2.0	5.4ab	18.7b	4.1b
	3.0	6.3a	19.0b	4.7ab
爱国者	0.5	2.4b	32.0a	5.2a
	1.0	4.3a	33.0a	4.6ab
	1.5	4.4a	31.7a	5.9a
	2.0	4.5a	28.6a	3.5b
	3.0	4.9a	20.2b	3.6b

由表 3 可见, 对于‘蓝丰’, ZT 浓度在 0.5~3.0 mg/L 时各处理之间的茎尖数、最大茎长和繁殖系数等各项指标均无显著差异。

对于‘北陆’, 在 ZT 浓度 0.5~3.0 mg/L 范围内, 随着 ZT 浓度增高, 大致呈现出茎尖数增加而最大茎长下降的趋势, 繁殖系数的表现不规律, ZT 浓度为 0.5 mg/L 的处理繁殖系数最高, 并与 ZT 浓度 3.0 mg/L 的处理无显著差异, 但显著高于 ZT 浓度 1.0~2.0 mg/L 的 3 个处理。

对于‘爱国者’, ZT 浓度为 0.5 mg/L 处理的茎尖数显著低于其他各处理, 但其最大茎长显著高于 ZT 浓度为 3.0 mg/L 处理并与其他处理无显著差异, ZT 浓度为 0.5 mg/L 处理的繁殖系数与 ZT 1.0、1.5 mg/L 两个处理差异不显著, 但显著高于 ZT 2.0、3.0 mg/L 两个处理。

综上所述, 对于供试的 3 个蓝莓品种, 虽然对 ZT 的反应不尽一致, 但是当 ZT 浓度为 0.5 mg/L 时的繁殖系数均较高, 且不低于其他各处理, 繁殖系数分别达到 6.3 (‘蓝丰’)、5.9 (‘北陆’) 和 5.2 (‘爱国者’), 从降低成本和增殖培养效果两方面考虑, ZT 浓度为 0.5 mg/L 处理为这 3 个蓝莓品种试管苗增殖培养的最佳处理。

不同 ZT 浓度处理的蓝莓试管苗增殖培养状况见图 2。



图 2 不同 ZT 浓度处理蓝莓试管苗增殖培养状况

注: 蓝莓品种: a 为‘蓝丰’, b 为‘北陆’, c 为‘爱国者’; 各品种的 ZT 浓度处理从左至右依次为: 0.5、1.0、1.5、2.0、3.0 mg/L

### 3 讨论与小结

玉米素是从甜玉米灌浆期的籽粒中提取并结晶出的第一个天然细胞分裂素, 并且能够人工合成。在蓝莓试管苗增殖培养中, 玉米素是使用最为普遍的细胞分裂素。通常认为, 玉米素在高温下容易分解, 因此在配制培养基时对玉米素应该采取过滤灭菌方式灭菌<sup>[6-7]</sup>。陈镇在其蓝莓组织培养的研究中, 在培养基配制时对玉米素就采用了过滤灭菌, 并且当 ZT 浓度为 1.0 mg/L 时, 布里吉塔蓝莓品种的繁殖效率最高达到 5.3<sup>[8]</sup>。过滤灭菌操作比较繁琐, 会对蓝莓试管苗大规模繁殖中培养基配制工作带来不便, 影响工作效率。金如意等研究采用了将玉米素与培养基同时高温灭菌的方法, 结果表明当 ZT 浓度为 1.0 mg/L 时, 蓝莓丛生芽的数量增加 1.82 倍, 所形成的嫩茎平均高达 44.7 mm, 获得了较高的增殖效率<sup>[9]</sup>。尹利方等在对康维尔蓝莓品种的研究中, 也对玉米素连同培养基进行高温灭菌, 当 ZT 浓度为 1.0 mg/L 时试管苗的增殖系数达到 12.47<sup>[10]</sup>。这两项研究结果表明, 对玉米素进行高温灭菌是可行的。李俊明等在其编译的《植物组织培养教程》中也认为各种细胞分裂素都具有热稳定性<sup>[11]</sup>。本项结果中, 当玉米素浓度为 1.0 mg/L 和 2.0 mg/L 时, 无论对玉米素采用过滤灭菌还是高温灭菌, 均可以明显促进供试蓝莓品种试管苗茎段的萌芽和增加繁殖系数, 且这两种灭菌方式之间无显著差异, 表明高温灭菌对玉米素的作用没有明显的不利影响, 这一结果与金如意和尹利方等的研究结果基本一致。

在蓝莓试管苗增殖培养中, 对于 ZT 的使用浓度的研究报道不尽一致。廉家盛等研究认为, ‘美登’蓝莓在含有 ZT 2.0 mg/L 的 B5 培养基中繁殖系数最高<sup>[12]</sup>。杨艳敏等研究结果表明, ‘斯巴坦’蓝莓在 ZT 浓度为 0.7 mg/L 时增殖效果最好, ‘伯

克利’蓝莓在 ZT 浓度为 0.5 mg/L 时增殖效果最好, 而‘北陆’蓝莓在 ZT 浓度为 0.5 mg/L 时增殖倍数最高, 但苗较细弱<sup>[13]</sup>。李丽容等研究认为, 在含有 ZT 2~3 mg/L 的 WPM 培养基上蓝莓试管苗的增殖培养效果较好, 繁殖系数大且生长健壮<sup>[14]</sup>。龚雪元等研究认为, 南高丛蓝莓最佳增殖培养基为 WPM+ZT 2.0 mg/L<sup>[15]</sup>。陶兴魁等研究认为, 在含有 ZT 1.0 mg/L+6-BA 1.0 mg/L 的改良 WPM 培养基上诱导的蓝莓丛生芽最多<sup>[16]</sup>。张舵等研究认为, ‘斯巴坦’蓝莓试管苗增殖培养基最佳激素配比为 ZT 0.3 mg/L+IBA 0.2 mg/L, “北陆”蓝莓最佳激素配比为 ZT 0.3 mg/L+IBA 0.1 mg/L<sup>[17]</sup>。沙玉芬等研究认为, ‘杜克’蓝莓试管苗最佳增殖培养基的 ZT 浓度为 1.0 mg/L<sup>[18]</sup>。黄科等研究认为‘夏普蓝’蓝莓最佳增殖培养基 CQWL+ZT 1.5 mg/L<sup>[9]</sup>。韩阳花研究表明, 野生蓝莓试管苗最佳的增殖培养基为含有 ZT 1.0 mg/L 的 WPM 培养基<sup>[20]</sup>。陈镇研究认为, ‘布里吉塔’蓝莓在 WPM+ZT 0.5 mg/L 培养基中, ‘夏普蓝’蓝莓在 AN+ZT 0.5 mg/L 培养基中均可以有效的继代扩增培养<sup>[8]</sup>。从目前的研究文献看, 在单纯使用 ZT 的培养基中, ZT 浓度的使用范围大致在 0.5~3.0 mg/L 之间, 变化较大。之所以产生这样大的变化, 可能与研究者使用的蓝莓品种、基本培养基以及试材的生理状态不同有关。陈镇<sup>[8]</sup>和肖海峻等<sup>[21]</sup>的研究都表明, 蓝莓的不同品种之间在相同 ZT 浓度下的增殖效果存在明显差异。因此, 针对蓝莓的不同品种研究其适宜的 ZT 浓度是必要的。本项研究中, ‘蓝丰’‘北陆’和‘爱国者’3 个蓝莓品种试管苗在含有 ZT 0.5 mg/L 的 WPM 培养基上的繁殖系数均表现较高, 这一结果与陈镇<sup>[8]</sup>和杨艳敏等<sup>[13]</sup>的研究基本一致。

综上所述, 在蓝莓试管苗增殖培养中, 玉米素的高温灭菌 (121 °C 下保持 16 min) 对蓝莓试管苗增殖效果不会产生明显的不利影响。‘蓝丰’‘北陆’和‘爱国者’3 个品种蓝莓试管苗增殖培养中, 以采用 WPM+ZT 0.5 mg/L 的培养基为宜, 培养效果较好, 且成本较低。

## 参考文献:

[1] 李殿鑫, 戴远威, 陈伟, 等. 蓝莓的营养价值及保健功能研究进展[J]. 农产品加工, 2018 (2): 69-70, 74.

- [2] 林维耀, 张伟强, 张立杰, 等. 蓝莓果实营养保健与贮藏保鲜研究综述[J]. 东南园艺, 2018 (1): 49-52.
- [3] 李兴元. 蓝莓花青素、多酚类物质的分离纯化与生物活性研究[D]. 天津: 天津大学, 2012.
- [4] 李亚东, 裴嘉博, 孙海悦. 全球蓝莓产业发展现状及展望[J]. 吉林农业大学学报, 2018, 40 (4): 421-432.
- [5] 吴林, 马文汉, 刘永环. 蓝莓苗木繁育方法研究进展[J]. 中国园艺文摘, 2015 (4): 50-52, 104.
- [6] 李俊明. 植物组织培养教程[M]. 2版. 北京: 中国农业大学出版社, 2002.
- [7] 沈海龙. 植物组织培养[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005.
- [8] 陈镇. 高丛蓝莓组培体系及种子萌发率的建模研究[D]. 金华: 浙江师范大学, 2011.
- [9] 金如意, 郭崇炎, 王志龙, 等. 南高丛蓝莓快繁体系的建立[J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2017, 43 (5): 504-511.
- [10] 尹利方, 陈泽斌, 夏体渊, 等. 不同培养条件对蓝莓试管苗增殖生长的影响[J]. 西南农业学报, 2017, 30 (7): 1642-1646.
- [11] 李俊明, 朱登云. 植物组织培养教程[M]. 3版. 北京: 中国农业大学出版社, 2005.
- [12] 廉家盛, 朴炫春, 廉美兰, 等. 培养基种类、玉米素浓度及pH值对蓝莓“美登”组培增殖生长的影响[J]. 延边大学农学学报, 2010, 32 (4): 269-272.
- [13] 杨艳敏, 陶承光, 魏永祥, 等. 蓝莓组织培养工厂化育苗技术[J]. 北方园艺, 2012 (7): 129-131.
- [14] 李丽容, 金开正, 赖联森. 玉米素对蓝莓组培增殖生长的影响研究[J]. 安徽农业科学, 2013 (30): 11961-11962.
- [15] 龚雪元, 杜亚填, 张翔宇, 等. 南高丛蓝莓快繁技术体系研究[J]. 植物研究, 2014, 34 (1): 131-135.
- [16] 陶兴魁, 陈峰, 赵志祥, 等. 蓝莓茎段丛生芽诱导最适培养基的筛选研究[J]. 科技视界, 2015 (1): 96-96.
- [17] 张舵, 杨艳敏, 魏永祥, 等. 激素配比和pH值对蓝莓试管苗增殖生长的影响[J]. 北方果树, 2015 (3): 13-14.
- [18] 沙玉芬, 王建萍, 李公存, 等. 蓝莓茎段组培快繁技术研究[J]. 安徽农业科学, 2015 (10): 27-28.
- [19] 黄科, 黄琴, 代欢, 等. 蓝莓离体快繁及生根特点研究[J]. 经济林研究, 2016, 34 (1): 140-146.
- [20] 韩阳花. 野生黑果越橘组培快繁技术研究[J]. 黑龙江农业科学, 2016 (3): 12-15.
- [21] 肖海峻, 庞俊兰, 孟利前, 等. 不同基因型蓝莓离体茎段的增殖培养技术[J]. 分子植物育种, 2018, 16 (8): 2587-2592.

责任编辑: 杨霞