

GA₃与CPPU对蓝莓结实生理的影响研究

唐雪东, 王宇航, 耿佳麒, 雷 蕾, 许 茹, 李亚东*

(吉林农业大学园艺学院, 长春 130118)

摘 要:以‘瑞卡’蓝莓品种为试材, 于花前和花后应用不同浓度 GA₃、CPPU 浸蘸结果枝, 研究其对蓝莓结实生理的影响。结果表明: 与对照相比, 100 mg/L GA₃ 可使蓝莓花期提前 3 d, 75 mg/L GA₃ 可提高 8.9% 的坐果率。10 mg/L CPPU 可使果实花色苷含量增加 12.7%。分析得出: 较高浓度 GA₃ 可以促使蓝莓花期提前, 提高坐果率, 增加果实糖含量。较低浓度 CPPU 可显著增加果实可滴定酸、维生素 C 和花色苷含量。最适宜蓝莓生长的外源 GA₃ 浓度为 75 mg/L, CPPU 浓度为 10 mg/L, 在此浓度下蓝莓结果生长综合质量最佳。

关键词: GA₃; CPPU; 蓝莓; 结实生理

中图分类号: S663.9

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2021)04-0091-05

Effects of GA₃ and CPPU on Fruit Physiology of Blueberry

TANG Xuedong, WANG Yuhang, GENG Jiaqi, LEI Lei, XU Ru, LI Yadong*,

(College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: Using Reka blueberry variety as test material, the fruit branches were dipped with different concentrations of GA₃, CPPU before and after anthesis to study the effect of Reka on fruit physiology of blueberry. Compared with the control, 100 mg/L 100 mg/L GA₃ could advance blueberry flowering by 3 days and 75 mg/L GA₃ could increase fruit setting rate by 8.9%. 10 mg/L CPPU could increase anthocyanin content by 12.7%. The results showed that high concentration of GA₃ could advance the flowering period, increase the fruit setting rate and increase the sugar content in the fruit. Low concentration of CPPU could significantly increase the contents of titratable acid, vitamin C and anthocyanin in fruit. The optimal concentration of GA₃ was 75 mg/L, and the concentration of CPPU was 10 mg/L. Under this concentration, the comprehensive quality of fruit growth of blueberry was the best.

Key words: GA₃; CPPU; Blueberry; Fruit physiology

蓝莓, 杜鹃花科 (Ericaceae) 蓝莓属 (*Vaccinium* spp.) 植物, 其蓝果类型称为‘蓝莓’。果实中富含多种营养物质, 鲜食和加工都具有很好前景^[1-2]。我国关于蓝莓的研究最早开始于 20 世纪 80 年代初, 由吉林农业大学率先进行蓝莓的研究与利用^[3]。近年来, 我国蓝莓产业迅速发展, 北起黑龙江, 南至海南, 东起渤海湾, 西至新疆、西藏, 全国 27 个省区都有规模化栽培, 在栽培生理、引种繁育、果实加工利用等研究领域也取得重要成果^[4-5]。‘瑞卡’为北高丛蓝莓品种, 主要栽培在我国吉林、辽宁、山东、安徽、浙江、贵州、四川等省

区^[6-7]。由于蓝莓产业的不断扩大, 导致其产量急剧上升, 并且成熟期集中, 严重影响蓝莓的消费市场, 价格大幅度下降。因此, 蓝莓提前或延后开花结果这项研究对吉林省乃至我国的栽培管理以及增产创收都具有重大的意义。本试验以‘瑞卡’为试材, 通过不断试验得出赤霉素 (gibberellin A₃, GA₃) 与氯吡苯脲 [N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea, CPPU] 的最适施用方式、浓度以及时期, 从中筛选出最佳的施用模式, 应用到蓝莓的生产栽培中, 以此来提前或推迟蓝莓成熟期与采收期, 为我省以及全国蓝莓产业的快速发展提供一定的技术支撑。GA₃ 和 CPPU 是在葡萄、苹果等果树上广泛使用的两种植物生长调节剂^[8-9], 但在蓝莓上鲜有报道。本文通过研究其对蓝莓开花时间、坐果率与果实品质等影响, 可为植物生长调节剂在蓝莓上的应用提供重要参考。

收稿日期: 2019-05-18

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2017YFC0504205); 吉林省科技发展项目 (20200702021NC)

作者简介: 唐雪东 (1970-), 男, 教授, 博士, 从事果树生理生态及栽培技术研究。

通讯作者: 李亚东, 男, 教授, E-mail: Blueberryli@163.com

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地点位于吉林省长春市吉林农业大学小浆果科研基地,供试土壤为黑土,株行距为1 m×2 m,试验树实行避雨栽培。年均气温4.6℃,年均日照时数2 688 h,无霜期135~140 d,年降水量600~700 mm,积温3 300℃·d^[2]。

1.2 材料

供试品种为7年生北高丛蓝莓‘瑞卡’(Reka)。供试药剂:GA₃与CPPU,购自长春市安美生物科技有限公司。

1.3 试验设计

从2018年5月15日开始观察,分别于初花期(5月20日左右)与盛花期后15 d(6月20日左右)进行处理,每个时期处理两次,间隔1 d。晴朗无风的天气,9:00~10:00,选择长势较好且长势相对一致的‘瑞卡’结果枝浸蘸处理30 s,共设9个处理,GA₃:25、50、75、100 mg/L;CPPU:5、10、15、20 mg/L,清水作为对照,编号分别为A₁、A₂、A₃、A₄,B₁、B₂、B₃、B₄和CK,每个处理3次重复。每个处理3株树,共计27株树。果实成熟后取试验处理大小相似果实50粒。

1.4 试验指标测定方法

1.4.1 开花百分率

每株树选取不同方向的标准枝3个,取前4个花芽统计并做上标记。从5月15日开始观察,每隔1 d统计一次,至开花百分率为50%即停止观察。比较GA₃与CPPU对‘瑞卡’花期的影响。花蕾开始裂开,转变至花瓣裂开,露出柱头为花朵

完全开放。初花期为开花百分率达到5%,盛花期为开花百分率达到50%,落花期花瓣脱落达到50%^[10]。开花百分率=花朵开放数/花朵总数。

1.4.2 蓝莓坐果率

坐果枝条的坐果率=结果数/盛花期花朵数量。选取测开花百分率的标准枝进行观察,落花期后每间隔1 d观察果实成熟程度,统计比较GA₃与CPPU对蓝莓果实成熟的影响(统计果实由绿转粉、蓝的变化过程,以全果70%着色为标准)。

1.4.3 果实品质测定

(1)单果重:取果实10粒,用托盘天平测其总重量,并算出平均值。(2)可溶性固形物:取果实5粒,用手持式折光仪测量,取平均值。(3)维生素C:钼蓝比色法^[11]。(4)可溶性糖:蒽酮法^[11]。(5)可滴定酸:酸碱中和滴定法^[11]。(6)花色苷:酸性乙醇提取法^[12]。(7)种子数量:取果实10粒,取出全部果实种子数量,算出平均值。

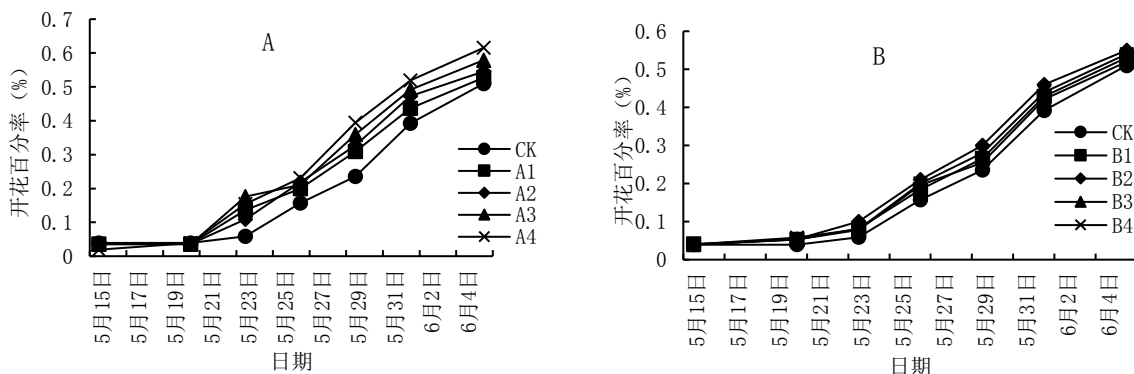
1.5 数据处理

采用Excel 2010和SPSS 22.0对所得数据进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 GA₃与CPPU对‘瑞卡’花物候期的影响

如图1所示,GA₃对蓝莓花的物候期有缩短的效果,CPPU效果不显著。GA₃处理后,A₄处理在6月2日首先到达盛花期,比CK(6月5日)提前3 d,后到达盛花期的处理依次是A₃、A₂和A₁处理。CPPU处理后,蓝莓花到盛花期时所需时间相近,因此CPPU对蓝莓花的物候期影响不显著。

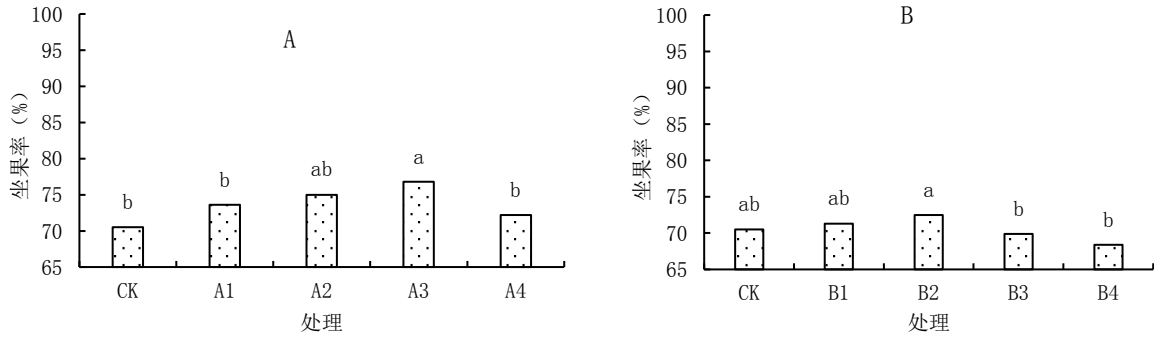


注:A图为GA₃处理;B图为CPPU处理,下图同
图1 GA₃与CPPU对‘瑞卡’开花百分率的影响

2.2 GA₃与CPPU对‘瑞卡’果实坐果率的影响

由图2可知,在一定浓度下,GA₃与CPPU对蓝莓坐果率具有促进作用,A₃浓度下,坐果率最高,比CK坐果率提升了8.9%,A₁和A₄处理坐果率与

CK相近,说明高浓度与低浓度的GA₃对蓝莓坐果率作用不显著($P>0.05$)。CPPU处理后,B₂处理坐果率最高,相比CK增长了2.8%,高浓度CPPU对蓝莓坐果率作用不显著($P>0.05$)。

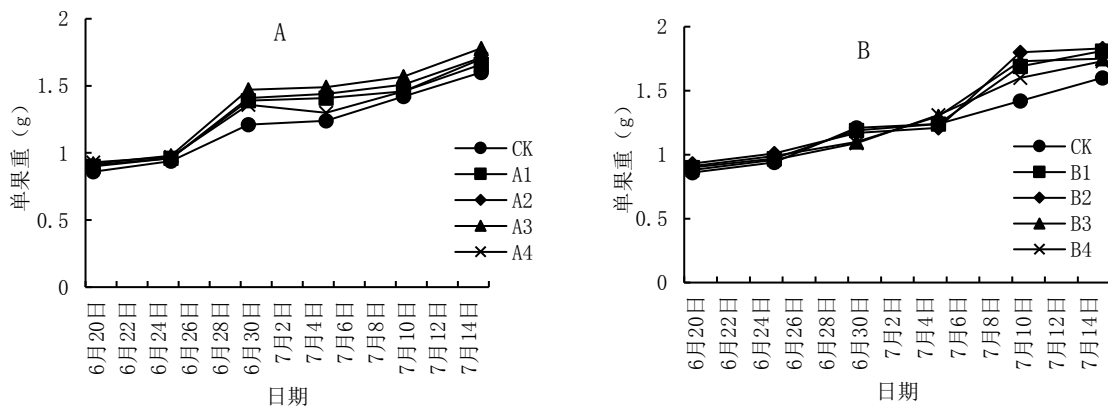
图2 GA₃与CPPU对‘瑞卡’坐果率的影响

2.3 GA₃与CPPU对‘瑞卡’果实生长发育的影响

GA₃与CPPU对蓝莓均有增长果实单果重的效果,且CPPU增长效果更显著。蓝莓果实生长曲线呈双S型,主要体现在果实单果重。GA₃处理后,对果实第一个快速发育阶段影响明显,单果

重A₃处理效果最显著,比CK增长6.25%。CPPU处理后对第二个快速生长发育期影响较大,低浓度处理单果重优于高浓度处理,单果重最大出现在B₂处理,相比CK提升了14.4%(图3)。

GA₃与CPPU可以影响果实的成熟期。GA₃加

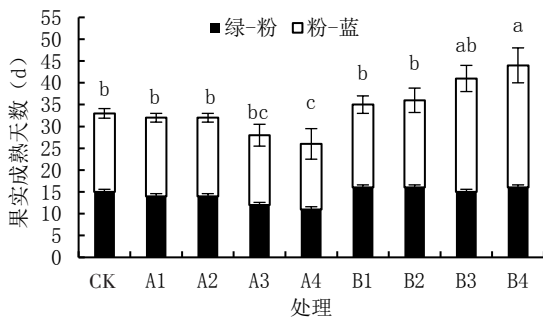
图3 GA₃与CPPU对‘瑞卡’果实单果重的影响

速果实成熟,CPPU延缓果实成熟。GA₃主要加速果实由绿转粉阶段,CPPU主要延缓果实由粉转蓝阶段。蓝莓果实为分期成熟,果实成熟分为由绿转粉和由粉转蓝两个阶段(图4)。GA₃处理较高

24.2%和33.3%,说明高浓度的CPPU对蓝莓果实成熟延缓效果更显著($P<0.05$)。

2.4 GA₃与CPPU对‘瑞卡’果实品质的影响

在一定浓度下,GA₃可以显著提高果实可溶性固形物及可溶性糖含量,降低酸含量;CPPU可以显著提高果实维生素C含量以及花色苷含量。如表1所示,施用GA₃后,A₃处理果实可溶性固形物中增长最多,比CK增长了7.1%,其他处理作用不明显;CPPU处理除B₂外,果实可溶性固形物较CK均呈现减少趋势,浓度越高,下降越明显($P<0.05$)。GA₃可以增加果实可溶性糖含量,其中最明显的为A₃处理,较CK增长9.9%,CPPU对果实可溶性糖的差异不显著($P>0.05$)。可滴定酸会随着GA₃浓度提高而降低,A₄处理较CK降低了19.3%。CPPU处理随浓度升高,含酸量逐渐降低,但差异不显著($P>0.05$)。GA₃、CPPU使‘瑞卡’蓝莓果实中维生素C含量升高,GA₃各处理较CK差异不显著($P>0.05$);CPPU中B₂处理维生素C含量

图4 GA₃与CPPU对‘瑞卡’果实成熟的影响

浓度颜色转变较快,最快为A₄处理,果实由绿变蓝经历26 d,较CK(33 d)提高21.2%,而后是A₃处理(28 d),较CK提早成熟15.2%。CPPU处理浓度越高,颜色转变越慢,B₁处理较CK果实成熟度延缓6.1%,B₂、B₃、B₄处理较CK分别延缓12.1%、

表1 GA₃与CPPU对‘瑞卡’果实品质的影响

处理	可溶性固形物(%)	可溶性糖(%)	可滴定酸(%)	维生素C(mg/100 g)	花色苷(mg/100 g)
A ₁	11.03ab	8.62ab	0.86ab	96.72b	80.63ab
A ₂	11.05ab	8.81a	0.84ab	98.22ab	79.77b
A ₃	11.72a	9.29a	0.73b	99.09a	81.90ab
A ₄	10.96ab	8.76a	0.71b	97.12b	80.92ab
B ₁	10.49b	8.16ab	1.07a	97.22ab	86.64a
B ₂	11.20a	8.90a	0.92a	107.25a	89.17a
B ₃	10.80ab	8.12b	0.79b	100.27a	85.63a
B ₄	10.35b	8.40ab	0.86ab	102.74a	83.07ab
CK	10.94ab	8.45ab	0.88ab	95.15b	79.51b

注:处理间同一个品种不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平下差异显著,下同

最高,比CK增长12.7%。GA₃处理后果实花色苷含量差异不明显,而CPPU对蓝莓果实花色苷含量促进作用显著,最高增幅出现在B₂处理,较CK增长了12.1%($P<0.05$)。

2.5 GA₃与CPPU对‘瑞卡’种子数量的影响

GA₃可以减少果实种子数量,CPPU对果实种

子数量作用不显著($P>0.05$)。由图5可知,GA₃处理随着浓度的上升,种子数量逐渐降低,当浓度达到A₄(40.5)时,较CK(69.4)减少了42.0%;CPPU对果实种子数量变化不显著($P>0.05$)。表明GA₃对果实种子数量起到减少的作用,并且随着浓度的升高效果越显著。

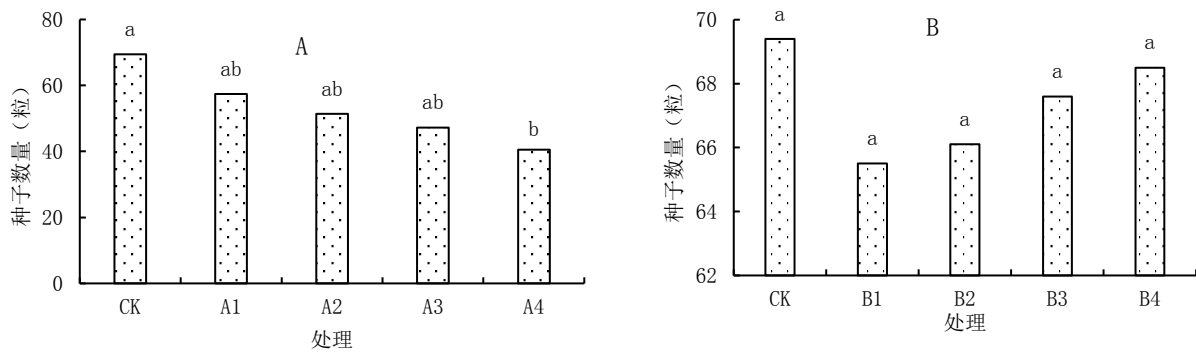


图5 GA₃与CPPU对‘瑞卡’种子数量的影响

3 讨论

3.1 GA₃与CPPU对蓝莓花物候期的影响

果实品质优劣取决于花形成的状态。蓝莓花的物候期可受外界条件、栽培管理以及自身基因的影响^[13]。本研究发现GA₃处理下进入盛花期最早的为A₄处理,较CK提前3天进入盛花期,CPPU对花期影响不大。GA₃对蓝莓花序中花朵数量影响较显著,浓度越高越明显,A₄浓度时较CK上升了18.0%。花芽分化在秋冬时期已经形成,GA₃通过改变花的内部营养从而来调控花期以及开花数量。Kalt等^[14]研究也表明,花前10天用赤霉素喷施葡萄,可以使葡萄提前开花,GA₃可以增加花朵开放数量以及花朵内部营养。

3.2 GA₃与CPPU对蓝莓果实品质的影响

蓝莓果实是由花瓣脱落后逐渐形成,大小与

产量取决于花芽分化程度^[15]。本试验中,蓝莓果实发育呈双峰型趋势生长,有两个生长高峰和一个生长平稳期。75、100 mg/L浓度的GA₃与5、10 mg/L的CPPU对果实成熟度、单果重、果实横纵径及果形指数促进效应较为显著,与史文婷^[16]在‘阳光玫瑰’葡萄中总结出GA₃和CPPU可以显著增大葡萄单果重、穗重,生长趋势相似结论一致,与张溃珍等^[17]在摩尔多瓦葡萄中GA₃增加果实单果重的结论一致。GA₃与CPPU会提高果实的坐果率,较高浓度的GA₃与低浓度的CPPU效果显著,A₃处理坐果率达到76.8%,较CK提升了8.9%;B₂处理坐果率提高了2.8%,不及GA₃显著。与陶建敏等^[18]在葡萄花后10 d处理,用200 mg/L的GA₃可显著提高坐果率,单产提高50.3%,这与本试验的结论一致;陈少珍等^[19]用GA₃与CPPU可以提高果实的坐果率,与本试验CPPU可以提高果实坐果

率的结论一致。 GA_3 对果实花色苷含量影响效果不显著,低浓度的CPPU对花色苷具有促进作用,王世平等^[20]研究发现用不同浓度的 GA_3 与CPPU混合处理后作用‘藤稔’葡萄后花色苷含量显著高于对照,可能由于CPPU作用果实,也可能是二者结合后对果实花色苷含量产生促进效果,与本试验结论相似。

3.3 GA₃与CPPU对蓝莓果实种子数量的影响

无核培养在浆果的研究中已经越来越成为一种趋势,本研究发现,单独使用 GA_3 作用效果大于CPPU的作用效果,并且浓度越高,作用效果越明显, A_4 处理种子数量较CK降低了42.0%。史文婷^[16]在‘阳光玫瑰’葡萄中得出 GA_3 对葡萄无核的作用优于CPPU的作用效果,与本试验结论一致。

4 结 论

综上,在初花期和盛花期后 15 d 将长势较好的结果枝单独浸蘸处理 GA_3 与 CPPU, GA_3 可以促进花期提前,提高坐果率,增加果实糖含量,促进果实无核化。CPPU 可显著增加果实可滴定酸、维生素 C 和花色苷含量。最适宜蓝莓生长的外源 GA_3 浓度为 75 mg/L, CPPU 浓度为 10 mg/L, 在此浓度下蓝莓生长结果综合质量最佳。

参考文献:

- [1] Kader F, Rövel B, Giardin M, et al. Fractionation and identification of the phenolic compounds of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) [J]. Food Chemistry, 1996, 55(1): 35-40.
- [2] 吴 林. 中国蓝莓 35 年: 科学研究与产业发展 [J]. 吉林农业大学学报, 2016, 38(1): 1-11.
- [3] 吴 林. 我国蓝莓栽培生理研究进展 [J]. 吉林农业大学学报, 2013, 35(4): 379-383.
- [4] 李丽敏, 吴 林. 中国蓝莓产业发展研究 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 28-30.
- [5] 王雪松, 马文汉, 徐德冰, 等. 云南丽江 6 个蓝莓品种物候

期和果实品质研究[J]. 东北农业科学, 2016, 41(6): 100-103.

- [6] 惠生华,丁明海,秦兰香,等.4个北高丛蓝莓品种在山东日照的表现[J].中国果树,2011(6):62-64.
- [7] 陈曦,赵晨辉,卢明艳,等.吉林省浆果资源及加工利用[J].吉林农业科学,2014,39(4):71-74.
- [8] 王贵元.不同浓度6-BA和GA₃处理对豆梨实生苗生长的影响[J].吉林农业科学,2015,40(4):87-89.
- [9] 高金山,边庆华,张永忠,等.细胞分裂素CPPU的研究进展[J].农药,2006(3):151-154.
- [10] 安迪.赤霉素对兔眼蓝莓生长发育的影响研究[D].杭州:浙江农林大学,2018.
- [11] 张治安,陈展宇.植物生理学实验技术[M].长春:吉林大学出版社,2008:47-65.
- [12] 杨磊,贾佳,祖元刚.蓝莓总花色苷匀浆的提取条件优化及抗氧化活性[J].食品科学,2009,30(20):27-33.
- [13] 唐丁,温腾建,卢龙,等.赤霉素处理对峰后葡萄开花期的影响及其分子机理[J].中国农业大学学报,2015(6):92-98.
- [14] Kalt W, Joseph J A, Shukitt-Hale B. Blueberries and human health: a review of current research[J]. Am. Pomol. Soc, 2007, 61:151-160.
- [15] Williams L E, Ayars J E. Water use of Thompson seedless grapevines as affected by the application of gibberellic acid(GA₃) and trunk girdling practices to increase berry size[J]. Agric. For. Meteorol, 2005,129:85-94.
- [16] 史文婷. GA₃和CPPU对‘阳光玫瑰’葡萄果实无核化及品质的影响[D].银川:宁夏大学,2017.
- [17] 张贇珍,刘焕.赤霉素对‘摩尔多瓦’葡萄花序长短及果粒大小的影响[J].中国园艺文摘,2015,31(11):61-64.
- [18] 陶建敏,庄智敏,章镇. GA₃对诱导巨峰葡萄产生无核及果实发育的影响[J].中外葡萄与葡萄酒,2005(2):15-18.
- [19] 陈少珍,蒋慧萍,吴代东,等.植物生长调节剂对野生毛葡萄保花保果及其果实品质的影响[J].西南农业学报,2016,29(6):1420-1424.
- [20] 王世平,董秋洪,杨天仪.生长调节剂对藤稔果粒膨大及其品质的影响[J].上海交通大学学报(农业科学版),2004,22(1):37-42.

(责任编辑:刘洪霞)

(上接第 52 页)

- [17] 许超,曲勤凤,顾文佳,等.新型可降解高效氯氰菊酯微生物菌株的筛选、鉴定及条件优化[J].东北农业科学,2016,41(2):70-73.
- [18] Clifford L J, Jia Q, Pestka J J. An improved method for the purification of the trichothecene deoxynivalenol (vomitoxin) from *Fusarium graminearum* culture[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(2): 521-523.
- [19] 李亚菲,余祖华,刘赛宝,等.一株降解呕吐毒素的青霉菌

的分离与鉴定[J]. 饲料工业, 2015, 36(15): 42-45.

- [20] Arrua A, Andrea A, Moura M A, et al. Deoxynivalenol screening in wheat derived products in Gran Asunción, Paraguay[J]. Journal of Food Safety, 2019, 39(1): 3857–3863.
- [21] Fuchs E, Binder E M, Heidler D, et al. Structural characterization of metabolites after the microbial degradation of type A trichothecenes by the bacterial strain BBSH 797[J]. Food Additives and Contaminants, 2002, 19(4): 379–386.

(责任编辑:王 昱)