果 树 学 报 2022，39（11）：2113-2123
Journal of Fruit Science

DOI:10.13925/j.cnki.gsxb.20220126

# 不同植物生长调节物质对蓝果忍冬果实脱落及果实品质的影响

陈 静[1,2]，秦 栋[1,2,3]，杨新雨[1,2]，张 鹏[1,2]，迟 睿[1,2]，张利军[3]，江慧欣[1,2,3*]，霍俊伟[1,2,3*]

（[1]东北农业大学园艺园林学院·农业农村部东北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室，哈尔滨 150030；[2]寒地小浆果开发利用国家地方联合工程研究中心，哈尔滨 150030；[3]黑龙江省绿色食品科学研究院，哈尔滨 150000）

**摘 要：【目的】**采用不同植物生长调节物质处理蓝果忍冬植株，探究植物生长调节物质对果实脱落以及果实品质的影响，筛选出蓝果忍冬最适植物调节剂施用浓度，为蓝果忍冬栽培生产提供理论依据。**【方法】**以蓝果忍冬蓓蕾品种为试材，选取不同浓度2，4-二氯苯氧乙酸（2，4-D）、赤霉素（$GA_3$）、乙烯利（ETH）和脱落酸（ABA）处理植株，对果实脱落率进行统计，并于果实成熟期测定果实外观品质及营养成分。**【结果】**$GA_3$和2，4-D处理蓝果忍冬蓓蕾果实脱落率的每次统计结果均小于对照，ABA和ETH浓度不同对脱落影响不同。50 mg·$L^{-1}$的$GA_3$处理后果实单果质量、果形指数、硬度均显著高于对照，可溶性固形物含量与总酸含量显著增加，在改善外观品质的同时增加了蓝果忍冬果实风味。在功能成分总酚、黄酮类化合物、总花青素含量的指标测定中，各种类型植物生长调节物质的不同浓度处理，其作用结果不同。**【结论】**100 mg·$L^{-1}$的2，4-D、50 mg·$L^{-1}$的$GA_3$处理是延缓果实成熟脱落的最佳选择，100 mg·$L^{-1}$的ABA和50 mg·$L^{-1}$的ETH处理是促进果实成熟脱落的最佳选择，其中50 mg·$L^{-1}$的$GA_3$处理提高果实品质效果最好。

**关键词：**蓝果忍冬；植物生长调节物质；脱落率；果实品质

**中图分类号：**S663.9 **文献标志码：**A **文章编号：**1009-9980(2022)11-2113-11

## Effects of different plant growth regulators on abscission and quality of *Lonicera caerulea* Berel fruit

CHEN Jing[1, 2], QIN Dong[1, 2, 3], YANG Xinyu[1, 2], ZHANG Peng[1, 2], CHI Rui[1, 2], ZHANG Lijun[3], GANG Huixin[1, 2, 3*], HUO Junwei[1, 2, 3*]

*([1]College of Horticulture & Landscape Architecture, Northeast Agricultural University / Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (Northeast Region), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Harbin 150030, Heilongjiang, China; [2]National-Local Joint Engineering Research Center for Development and Utilization of Small Fruits in Cold Regions, Harbin 150030, Heilongjiang, China; [3]Heilongjiang Institute of Green Food Science, Harbin 150000, Heilongjiang, China)*

**Abstract:**【Objective】Fruit abscission is a major limiting factor in the production of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.). Cultivars with different maturity periods can cause economic losses during mechanical harvest. Plant growth regulators can regulate fruit abscission and quality. However, the effects of plant growth regulators on fruits in blue honeysuckle remain largely unclear. In this work, we explored the effect of 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid (2, 4-D), gibberellin ($GA_3$), ethephon (ETH) and abscisic acid (ABA) with different concentrations on fruit abscission and quality of blue honeysuckle, and screened the most suitable spraying concentrations for blue honeysuckle production. Our research will

**收稿日期：**2022-03-21 **接受日期：**2022-06-05

**基金项目：**黑龙江省自然科学基金项目（LH2020C008）；东北农业大学“青年才俊”项目（19QC05）；国家葡萄产业技术体系蓝靛果哈尔滨综合实验站（CARS-29-10）；黑龙江省应用技术研究与开发计划项目（GA19B102）；黑龙江省博士后面上资助项目（LBH-Z21117）；黑龙江省省属科研院所科研业务费项目（CZKYF2021-2-C017）

**作者简介：**陈静，女，在读硕士研究生，研究方向为果树育种。Tel：18846075030，E-mail：chen50300@163.com

*通信作者 Author for correspondence. Tel：13304503432，E-mail：huojunwei@neau.edu.cn；Tel：15663732671，E-mail：ganghx@neau. edu.cn

provide theoretical basis for high quality and efficient cultivation of bule honeysuckle and increase economic benefit.【Methods】Berel, a main cultivar in China was selected as the experimental material. The leaves of Berel were sprayed with different concentrations of 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid (25 mg·L$^{-1}$, 50 mg·L$^{-1}$, 75 mg·L$^{-1}$, 100 mg·L$^{-1}$ 2, 4-D), gibberellin (25 mg·L$^{-1}$, 50 mg·L$^{-1}$, 75 mg·L$^{-1}$, 100 mg·L$^{-1}$ $GA_3$), ethephon (50 mg·L$^{-1}$, 100 mg·L$^{-1}$, 150 mg·L$^{-1}$, 200 mg·L$^{-1}$ ETH) and abscisic acid (50 mg·L$^{-1}$, 100 mg·L$^{-1}$, 150 mg·L$^{-1}$, 200 mg·L$^{-1}$ ABA). Water was used as the control (CK). For each treatment, three plants with the same growth potential and without pests and diseases were used. The plants were sprayed once every 7 days, a total of 4 times. Three branches in different directions of each tree were selected to calculate abscission rate, and the number of fruits was investigated every five days from the fruit expansion period. The mature fruits with different treatments were randomly selected for fruit quality measurement experiments. We investigated the appearance indicators (fruit weight, vertical diameter, horizontal diameter, hardness) and nutrient contents (soluble solids, total acid, chlorophyll, total phenols, flavonoids, anthocyanin, soluble pectin, propectin) of the fruits. In addition, SPSS software was used to conduct principal component analysis on 11 fruit quality indexes under different treatments of plant regulators.【Results】The $GA_3$ and 2, 4-D treatments had lower fruit abscission rate than that of the CK. There were significant differences between 2, 4-D and the CK, and the effect of delayed abscission increased with the increase of 2, 4-D concentration. Comprehensive analysis showed that 100 mg·L$^{-1}$ 2, 4-D treatment had the best effect on delayed Berel fruit abscission, while 75 mg·L$^{-1}$ $GA_3$ treatment had the most obvious effect on reducing Berel fruit abscission. There was no significant difference in abscission rate between ABA treatment and the CK. The total abscission rates of 50 mg·L$^{-1}$ and 200 mg·L$^{-1}$ ETH treatments were higher than the natural abscission rate, which were 93.99% and 85.44%, respectively. The results of appearance quality showed that the fruit weight under different plant regulator treatments was higher than that of the CK except for the ABA treatment. Among them, the fruit weight (1.2 g) under 50 mg·L$^{-1}$ ETH treatment is the largest, while the control was 0.85 g. The fruit hardness treated with 2, 4-D and $GA_3$ was higher than that under the CK, while that with ABA and ETH treatments was slightly lower than that of the CK, suggesting that ABA and ETH treatments might accelerate the softening of *Lonicera caerulea* fruits. The hardness of the fruits treated with 100 mg·L$^{-1}$ 2, 4-D reached 2.06 N, which was 1.4 times higher than that of the control. The effect of 50 mg·L$^{-1}$ $GA_3$ on the appearance quality of the fruits was relatively better. The contents of soluble solids and total acid of the fruits treated with 50 mg·L$^{-1}$ $GA_3$ were significantly higher than that of the control. The total phenols content of the fruits treated with 50 mg·L$^{-1}$ 2, 4-D was significantly higher than that of the CK. The content of phenols was 3.60 OD·g$^{-1}$, which was 119% of the CK. The content of the total phenols of the fruits treated different concentrations of $GA_3$ was significantly higher than that in CK. The relative content of total flavonoids of the fruits treated with 75 mg·L$^{-1}$ $GA_3$ was significantly higher than that of the CK, while the other treatments had no significant difference with or was significantly lower than that of the CK. The anthocyanin contents of the fruits treated with mg·L$^{-1}$ 2, 4-D and 75 mg·L$^{-1}$ $GA_3$ were significantly higher than that of the CK, and the anthocyanin content of the fruits treated with 50 mg·L$^{-1}$ 2, 4-D was 123% of the CK. The anthocyanin content of the fruits treated with 75 mg·L$^{-1}$ $GA_3$ reached the maximum value 3.27 OD·g$^{-1}$, which was 124% of the CK. In addition, 75 mg·L$^{-1}$ 2, 4-D, 100 mg·L$^{-1}$ 2, 4-D and 50 mg·L$^{-1}$ $GA_3$ treatments had high content of propectin, and did not change or decreased the content of soluble pectin compared with the control, resulting in the increase of the fruit hardness. The changes of fruit quality indexes of each treatment were comprehensively evaluated and their effects on improving fruit quality were compared. The results showed that the effect of $GA_3$ treatment＞2, 4-D

treatment＞CK＞ABA treatment, and the effects of ETH with different concentrations on fruit quality were different.【Conclusion】100 mg·L$^{-1}$ 2, 4-D and 50 mg·L$^{-1}$ $GA_3$ treatments would be the best choices for delaying fruit ripening and abscission without undesirable effects on fruit quality, while 100 mg·L$^{-1}$ ABA and 50 mg·L$^{-1}$ ETH treatments would be the best choices for promoting fruit ripening and abscission. Among them, 50 mg·L$^{-1}$ $GA_3$ treatment had the best effect on improving fruit quality.

**Key words:** *Lonicera caerulea* L.; Plant growth regulators; Abscission rate; Fruit quality

蓝果忍冬（*Lonicera caerulea* L.），俗称蓝靛果，是一种多年生落叶小灌木，属于忍冬科（Caprifoliaceae）、忍冬属（*Lonicera*）[1]，其果实富含大量黄酮类化合物、花色苷、多酚等生物活性物质，具有较高的营养保健价值[2-5]。蓝果忍冬作为风味独特的药食两用小浆果[6]，有着广阔的市场前景。但在实际生产中，因不同品种果实成熟期不一致且脱落难易度不同，导致大批量机械化采收困难、采收成本增加[7]。此外，果实优质、果个大、花青素含量高是蓝果忍冬生产和消费的总趋势，而野生品种多数口感酸涩稍苦，广适性差，难以在市场上推广。因此，研究如何调控蓝果忍冬果实成熟期、改善果实品质，对蓝果忍冬优质高效栽培和产业发展具有重要意义。

果实脱落是果树产量的一个主要限制因素，受到激素、酶、营养元素以及环境因子等多方面的调控[8]，抑制果实脱落能够有效地延长果实成熟期、提高产量。植物生长调节剂在调控器官脱落中发挥重要作用的同时，也能调控果实生长发育，影响果实大小、形状、果实着色、糖分积累和代谢、营养物质合成、有机酸含量等果实品质[9]。在现代化农业生产中，叶面喷施植物生长调节剂在葡萄、蓝莓、桃、柑橘、樱桃等果树栽培种植中广泛应用[10]。研究表明，生长素（IAA）、赤霉酸（GA）具有延缓衰老、抑制植物器官脱落的作用[11]，在葡萄、椪柑上外源施用此类植物激素可以延缓果实成熟和脱落，增加果实中可溶性固形物含量和维生素C含量[12-13]。而脱落酸（ABA）是果实衰老的主要调控因子[14]，外源施用ABA可以促进葡萄果实成熟软化、果实着色、花色苷合成以及提高果实含糖量[15]。外源施用乙烯利（ETH）可促进植物体内合成乙烯，加速果实成熟、衰老和脱落，增加蓝莓[16]、杏[17]、梨[18]果实中可溶性糖、黄酮、花色苷和总酚含量的积累。

虽然已有大量关于植物生长调节剂使用效果的研究，但在不同果树中的适宜施用时期及浓度差异很大，相关研究在蓝果忍冬中却鲜有报道。本文旨在对比不同植物生长调节物质不同喷施浓度，对蓝果忍冬果实脱落及品质的影响，揭示植物生长调节物质对蓝果忍冬果实成熟期及营养品质的调控作用，为蓝果忍冬优质高效生产提供理论依据。

## 1　材料和方法

### 1.1　材料

试验于2021年5—8月在东北农业大学蓝果忍冬种质资源圃进行，供试蓝果忍冬植株为8年生蓓蕾品种（*Lonicera caerulea*‘Berel’），东西行向种植，株行距为1.0 m× 2.0 m，果园常规水肥管理。

### 1.2　试验处理

试验自果实膨大期（5月30日）开始对蓓蕾植株进行不同质量浓度的2，4-二氯苯氧乙酸（2，4-D）、赤霉素（$GA_3$）、乙烯利（ETH）、脱落酸（ABA）处理，2，4-D和$GA_3$喷施质量浓度设置为25、50、75、100 mg·L$^{-1}$，ETH和ABA喷施质量浓度设置为50、100、150、200 mg·L$^{-1}$，以清水作为对照（CK），共17个处理。每个处理选择生长势一致、无病虫害的3株植株，进行全株喷施（以叶片全部被喷湿但不滴水为准），共3次重复。选择在晴朗天气9：00—13：00进行，7 d喷施1次，共4次。在果实成熟期（6月26日），随机采取果实带至实验室测定各项品质指标。

### 1.3　测定指标及方法

1.3.1　果实脱落率测定　每个处理3株植株，每株为1个重复，每株树上选择不同方向的3个枝条挂牌标记，调查脱落率。自果实膨大期（5月30日）开始每5 d调查一次果实数量，计算累计脱落率。果实累计脱落率/%＝($N_0$−$N_t$)/$N_0$×100。式中，$N_0$为初始坐果数量，$N_t$表示第*t*次调查时坐果数量。

1.3.2　外观品质测定　每个处理3株植株，每株为1个重复，每株树上随机取10个果实，用电子天平测量单果质量，游标卡尺测量果实纵径、横径。果形指数为果实纵径与横径的比值。果实硬度使用艾德堡GY-4数显式水果硬度计测定。

1.3.3 功能营养成分指标测定 取测定完外观品质的果实为样品，测定营养成分指标，每个实验设置3次重复，每个样品平行测定3次。可溶性固形物、总酸含量采用PAL-BX/ACID F5型号糖酸度计进行测定；取1 g果实样品，冰浴研磨成匀浆，采用咔唑比色法测定果胶含量[19]；取2 g果实样品，加入1% HCl-甲醇溶液冰浴研磨，采用Zhang等[20]的方法测定果实中总酚、类黄酮与花青素的样品间相对含量。

### 1.4 数据分析

试验数据均采用Microsoft Excel 2019软件进行整理和分析，各测定指标采用SPSS 23.0软件进行方差分析和主成分分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对蓝果忍冬蓓蕾果实脱落的影响

2.1.1 2，4-D对蓓蕾果实脱落率的影响 如图1所示，自果实膨大期开始，2，4-D各浓度处理的累计脱落率均低于对照，且延迟脱落效果随着2，4-D浓度增加而增强。100 mg·L$^{-1}$的2，4-D处理在第35天累计脱落率仅为23.27%，比对照降低60.7%。在第25天至第30天时，2，4-D各浓度处理的累计脱落率增加量均变大，可能是因为蓓蕾果实在此时进入成熟期。综合分析，100 mg·L$^{-1}$ 2，4-D处理对延迟蓓蕾果实脱落效果最佳。

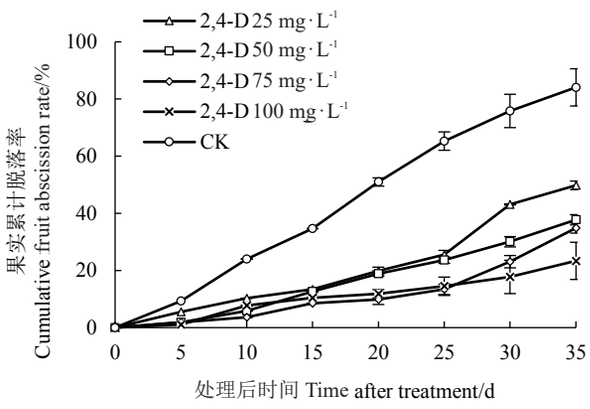


**图1 不同浓度2，4-D处理对蓓蕾果实累计脱落率的影响**

**Fig. 1 Effects of 2, 4-D treatments on cumulative fruit abscission rate of Berel fruit**

2.1.2 $GA_3$对蓓蕾果实脱落率的影响 如图2所示，不同浓度$GA_3$处理均可减少蓓蕾果实脱落，其中75 mg·L$^{-1}$和100 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理的第35天累计脱落率可与对照达到显著差异水平，均为55.39%。比较75 mg·L$^{-1}$和100 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理在蓓蕾果实发育的整个作用过程，可看出100 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理在第35天前的累计脱落率均大于75 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理。25 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理在15~25 d内累计脱落率小于其他处理，但在第25天后进入成熟期，累计脱落率增加量显著增大，累计脱落率大于75 mg·L$^{-1}$和100 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理。综合分析认为，$GA_3$不同浓度处理中，75 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理降低蓓蕾果实脱落率效果最明显。

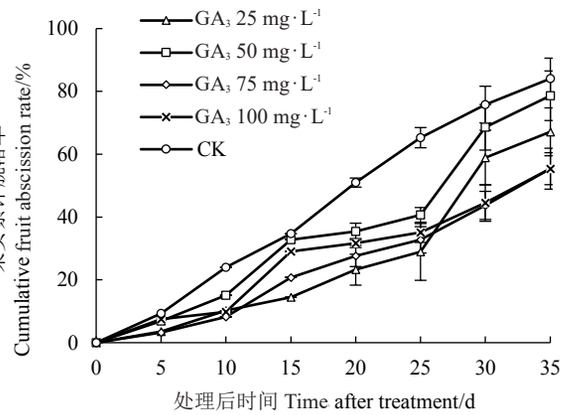


**图2 不同浓度$GA_3$处理对蓓蕾果实累计脱落率的影响**

**Fig. 2 Effects of $GA_3$ treatments on cumulative fruit abscission rate of Berel fruit**

2.1.3 ABA对蓓蕾果实脱落率的影响 如图3所示，200 mg·L$^{-1}$ABA处理在0~15 d果实脱落率高于对照，并在第5天（绿熟期）内出现落果高峰，随后累计脱落率恢复缓慢增加。100 mg·L$^{-1}$ABA处理1~10 d与对照无明显差别，从15 d直至果实成熟期累计果实脱落率均高于对照，但50、100、150、200 mg·L$^{-1}$ ABA和对照处理在第35天累计脱落率分别为75.64%、87.47%、85.17%、84.15%、84.07%，差别不明

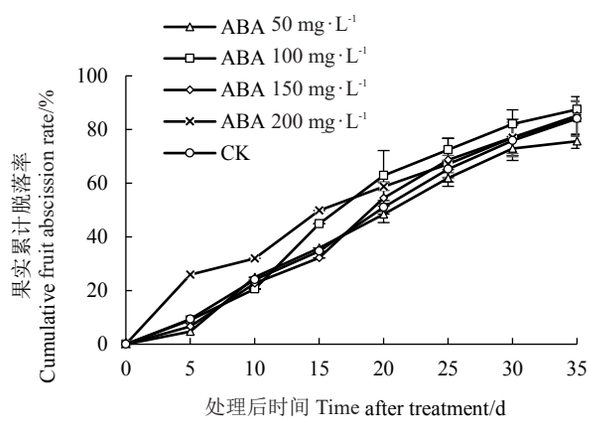


**图3 不同浓度ABA处理对蓓蕾果实累计脱落率的影响**

**Fig. 3 Effects of ABA treatments on cumulative fruit abscission rate of Berel fruit**

显。综合分析，不同浓度ABA处理与对照相比脱落率无显著差异，对蓓蕾成熟果实脱落影响不大。

2.1.4　ETH对蓓蕾果实脱落率的影响　如图4所示，根据第35天统计结果，50 mg·L$^{-1}$和200 mg·L$^{-1}$ ETH处理的累计脱落率高于对照，分别为93.99%、85.44%；100 mg·L$^{-1}$和150 mg·L$^{-1}$ ETH处理的累计脱落率低于对照，分别为69.03%、73.95%。值得注意的是，在处理后10~20 d内，100 mg·L$^{-1}$ ETH处理累计脱落率大于对照，20 d后累计脱落率增加量减小，最终第35天累计脱落率与对照表现出明显差异，低于对照15.04%。综合分析认为，50 mg·L$^{-1}$ ETH处理对蓓蕾果实脱落效果最佳；此外，树体果实负载量过大会导致树体营养无法满足留树果实的正常发育，100 mg·L$^{-1}$ ETH可在转色期使果实脱落，从而减少果量，并在营养成分积累过程中保证果实脱落率缓慢提升，有利于蓓蕾果实品质的改善。

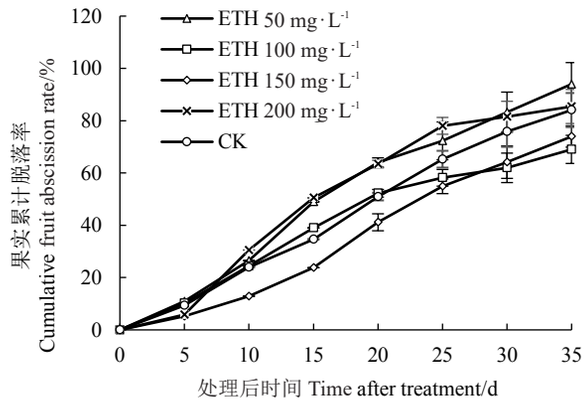


**图4　不同浓度ETH处理对蓓蕾果实累计脱落率的影响**

**Fig. 4　Effects of ETH treatments on cumulative fruit abscission rate of Berel fruit**

## 2.2　不同处理对蓝果忍冬蓓蕾果实外观品质的影响

由表1可以看出，50 mg·L$^{-1}$ ETH处理单果质量最大，单果质量可达到1.2 g。25 mg·L$^{-1}$和50 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理单果质量增长较为明显，与对照有显著差异。200 mg·L$^{-1}$ ETH处理单果质量最小，仅有0.65 g，

**表1　不同处理下蓓蕾果实的外观品质差异**

**Table 1　The fruit appearance and quality of Berel fruit in different treatments**

| 处理 Treatment | | 单果质量 Fruit weight/g | 纵径 Vertical diameter/mm | 横径 Horizontal diameter/mm | 果形指数 Fruit shape index | 硬度 Hardness/N |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2,4-D 25 mg·L$^{-1}$ | | 0.69±0.07 ef | 12.93±0.77 gh | 9.19±0.40 f | 1.41±0.12 ef | 1.38±0.42 c |
| 2,4-D 50 mg·L$^{-1}$ | | 0.99±0.10 bc | 14.66±0.72 def | 10.53±0.53 ab | 1.40±0.12 ef | 1.71±0.34 bc |
| 2,4-D 75 mg·L$^{-1}$ | | 0.85±0.11 cde | 14.31±0.67 ef | 10.18±0.58 abcd | 1.41±0.08 ef | 1.77±0.41 ab |
| 2,4-D 100 mg·L$^{-1}$ | | 0.92±0.12 bcd | 13.79±0.99 efgh | 10.54±0.83 ab | 1.32±0.15 f | 2.06±0.47 a |
| GA3 25 mg·L$^{-1}$ | | 1.04±0.18 ab | 17.04±1.81 ab | 10.42±1.06 abc | 1.65±0.24 bc | 1.66±0.49 bc |
| GA3 50 mg·L$^{-1}$ | | 1.03±0.14 b | 16.71±1.10 ab | 10.15±0.55 bcd | 1.65±0.16 bc | 1.79±0.47 ab |
| GA3 75 mg·L$^{-1}$ | | 0.83±0.07 cde | 15.89±1.35 bcd | 9.63±0.87 cdef | 1.67±0.24 b | 1.29±0.61 cd |
| GA3 100 mg·L$^{-1}$ | | 0.92±0.25 bcd | 17.77±0.89 a | 9.24±0.95 ef | 1.94±0.20 a | 1.37±0.40 bc |
| ABA 50 mg·L$^{-1}$ | | 0.82±0.10 de | 15.07±0.91 cde | 10.19±0.38 abcd | 1.48±0.09 bcde | 1.34±0.34 cde |
| ABA 100 mg·L$^{-1}$ | | 0.83±0.11 cde | 14.61±0.65 def | 9.26±0.83 ef | 1.59±0.16 bcd | 1.27±0.33 cde |
| ABA 150 mg·L$^{-1}$ | | 0.85±0.13 cde | 14.33±1.03 ef | 9.68±0.60 cdef | 1.49±0.14 cdef | 1.23±0.57 e |
| ABA 200 mg·L$^{-1}$ | | 0.75±0.12 ef | 14.16±0.76 efg | 9.42±0.67 def | 1.51±0.11 bcde | 1.58±0.36 bc |
| ETH 50 mg·L$^{-1}$ | | 1.20±0.17 a | 16.06±1.46 bc | 11.00±0.49 a | 1.46±0.14 def | 1.25±0.24 cde |
| ETH 100 mg·L$^{-1}$ | | 0.99±0.14 bc | 16.53±1.60 ab | 10.04±0.49 bcde | 1.65±0.13 bc | 1.67±0.45 bc |
| ETH 150 mg·L$^{-1}$ | | 0.77±0.15 def | 13.46±0.98 fgh | 9.36±0.72 def | 1.44±0.09 def | 1.19±0.32 de |
| ETH 200 mg·L$^{-1}$ | | 0.65±0.07 f | 12.82±0.34 h | 9.08±0.55 f | 1.42±0.10 def | 1.05±0.36 e |
| CK | | 0.85±0.19 cde | 14.57±1.11 ef | 10.13±0.87 bcd | 1.45±0.14 def | 1.45±0.29 cde |
| 最大值Max | | 1.20 | 17.77 | 11.00 | 1.94 | 2.06 |
| 最小值 Min | | 0.65 | 12.82 | 9.08 | 1.32 | 1.05 |
| 各调节物质处理均值 average of each plant growth regulators treatments | 2,4-D | 0.86±0.11 | 13.92±0.65 | 10.11±0.55 | 1.38±0.04 | 1.73±0.24 |
| | $GA_3$ | 0.95±0.09 | 16.85±0.68 | 9.86±0.46 | 1.73±0.12 | 1.53±0.20 |
| | ABA | 0.81±0.04 | 14.54±0.34 | 9.56±0.23 | 1.53±0.04 | 1.36±0.14 |
| | ETH | 0.90±0.21 | 14.72±1.60 | 9.87±0.74 | 1.49±0.09 | 1.29±0.23 |

注：同列不同小写字母表示差异显著（$p<0.05$）。下同。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference（$p<0.05$）. The same below.

显著低于对照。不同浓度$GA_3$处理的果形指数均大于对照，与对照达到显著差异水平，说明$GA_3$处理使果粒变长，其中100 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理的果形指数最大为1.94。另外，与对照相比，25 mg·L$^{-1}$ 2，4-D、200 mg·L$^{-1}$ ETH处理的纵径和横径值均显著减小，说明这两个处理会减小蓝果忍冬果实体积；50 mg·L$^{-1}$ ETH处理结果相反，可使果实体积显著增大。

由表1中各植物生长调节物质处理的果实硬度均值可以看出，2，4-D和$GA_3$处理果实硬度大于对照，而ABA和ETH处理则略小于对照，说明ABA和ETH处理可能加速蓝果忍冬果实的软化。75 mg·L$^{-1}$ 2，4-D、100 mg·L$^{-1}$ 2，4-D和50 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理与对照相比硬度显著增加，其中100 mg·L$^{-1}$ 2，4-D处理后，果实硬度可达到2.06 N，为对照的1.4倍。

综合以上结果，50 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理后果实单果质量、果形指数、硬度均显著高于对照，可以得出50 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理蓝果忍冬外观品质效果相对较好。

### 2.3 不同处理对蓝果忍冬蓓蕾果实营养成分含量的影响

2.3.1 *可溶性固形物和总酸含量* 如图5所示，不同植物生长调节物质处理与对照相比，只有25 mg·L$^{-1}$ 2，4-D处理后可溶性固形物含量显著降低，含量达到最低值为13.08%，其余处理无显著差异。50 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理含量最高为17.23%，其次是ETH（50、100、200 mg·L$^{-1}$）和2，4-D（50、75、100 mg·L$^{-1}$），可溶性固形物含量高于对照，分别为17.00%、16.76%、15.49%、15.77%、16.12%、16.39%。

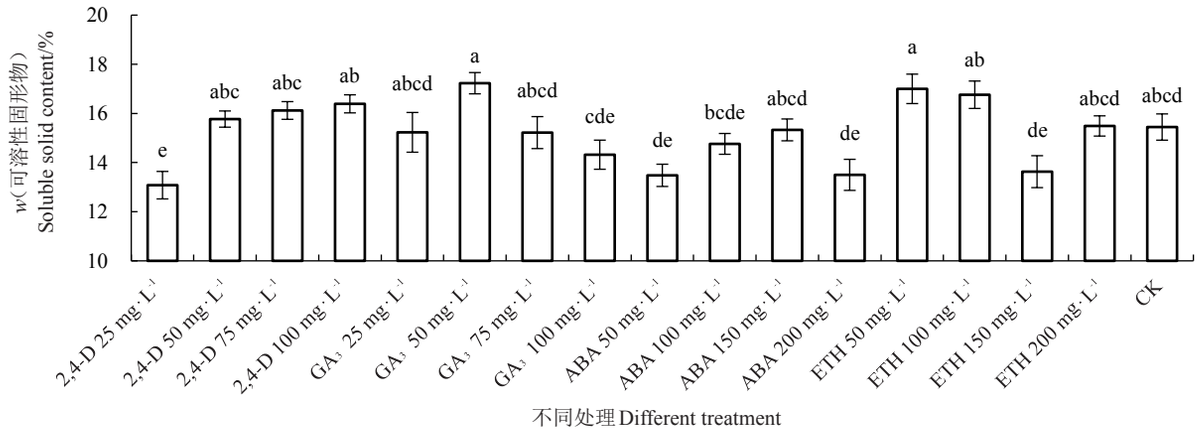


**图5 不同处理对蓓蕾果实可溶性固形物含量的影响**

**Fig. 5 Effects of different treatments on soluble solid content of Berel fruit**

根据图6中不同处理后总酸含量的数据调查可知，$GA_3$所有浓度处理的总酸含量均显著高于对照，100 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理为最大值3.19%；100 mg·L$^{-1}$ABA处理后果实总酸含量最小为1.37%，显著低于对照；其余处理与对照相比差异不显著。

由此可见，50 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理的可溶性固形物

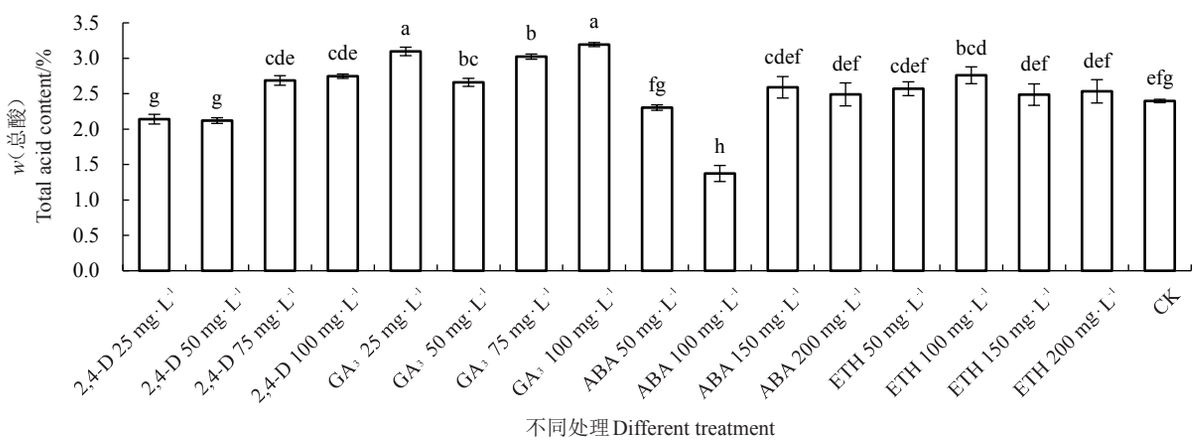


**图6 不同处理对蓓蕾果实总酸含量的影响**

**Fig. 6 Effects of different treatments on total acid of Berel fruit**

与总酸含量均显著增加，可增加蓝果忍冬果实风味。2，4-D、ETH处理可在一定程度内增加蓝果忍冬果实可溶性固形物含量，但总酸含量却没有明显变化，从而说明这两种植物调节剂处理可增加蓝果忍冬果实甜度，使糖酸比增大，改善果实风味品质。

2.3.2　总酚含量　如图7所示，50 mg·L$^{-1}$ 2，4-D处理的果实总酚含量显著高于对照，是所有处理中的最大值，达到3.60 OD·g$^{-1}$，是对照的119%。$GA_3$不同浓度处理均显著高于对照，25、50、75、100 mg·L$^{-1}$ $GA_3$分别是对照总酚含量的111%、115%、114%、109%。50 mg·L$^{-1}$ ABA处理总酚含量显著低于对照，达到最小值2.55 OD·g$^{-1}$；100 mg·L$^{-1}$和200 mg·L$^{-1}$ ABA与对照相比也表现出明显差异，略高于对照。在不同浓度的ETH处理中，50 mg·L$^{-1}$和200 mg·L$^{-1}$ ETH与对照无显著差异，100、150 mg·L$^{-1}$ ETH与对照相比总酚含量显著降低。

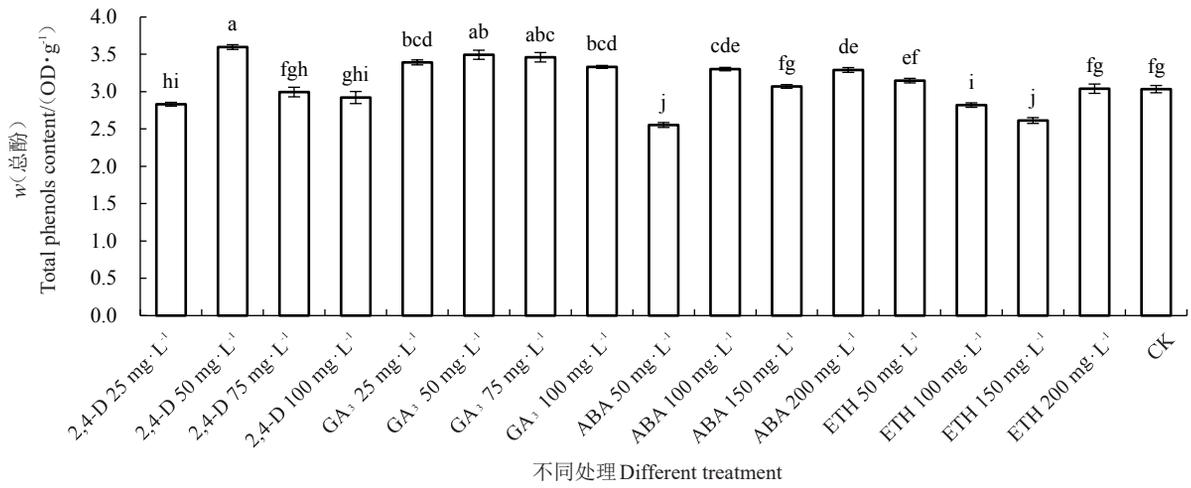


**图7　不同处理对蓓蕾果实总酚含量的影响**

**Fig. 7　Effects of different treatments on total phenols content of Berel fruit**

2.3.3　总黄酮含量　由图8可知，所有试验处理中，只有75 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理总黄酮相对含量显著高于对照，达到最大值0.74 OD·g$^{-1}$，是对照的119%。50 mg·L$^{-1}$ ABA处理总黄酮相对含量显著低于对照，达到最小值0.29 OD·g$^{-1}$，仅为对照的47%。结果表明，2，4-D、ETH、ABA不同浓度的处理中多数处理对蓝果忍冬中总黄酮含量影响不大，少数造成类黄酮物质合成量减少。

2.3.4　花青素含量　如图9所示，50 mg·L$^{-1}$ 2，4-D、75 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理花青素相对含量显著高于对照，其中75 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理达到最大值3.27 OD·g$^{-1}$，是对照的124%。ABA处理中，50 mg·L$^{-1}$ ABA处理花青

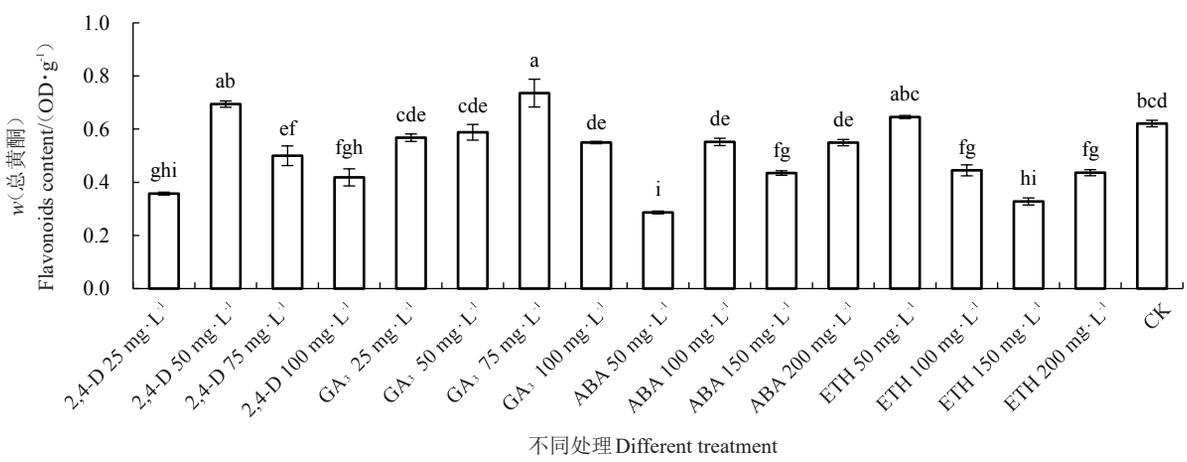


**图8　不同处理对蓓蕾果实总黄酮含量的影响**

**Fig. 8　Effects of different treatments on flavonoids content of Berel fruit**

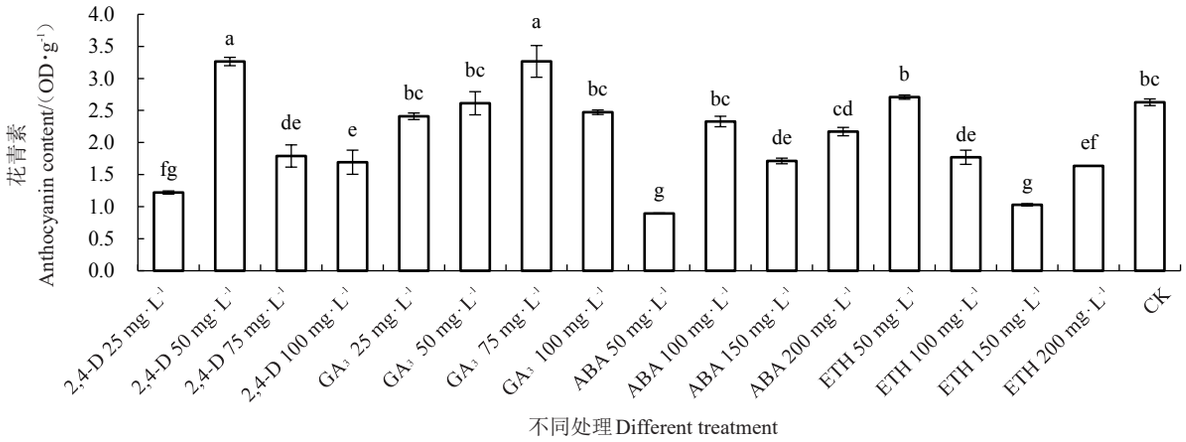


**图 9 不同处理对蓓蕾果实花青素含量的影响**

**Fig. 9 Effects of different treatments on anthocyanin content of Berel fruit**

素相对含量为最小值0.89 OD·g$^{-1}$，仅为对照的34%。ETH试验处理中，除50 mg·L$^{-1}$ ETH与对照差异不显著外，其他浓度处理后花青素相对含量均显著降低。

2.3.5 果胶含量 如图10所示，200 mg·L$^{-1}$ ETH、150 mg·L$^{-1}$ ETH、75 mg·L$^{-1}$ $GA_3$、100 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理可溶性果胶含量（*w*，后同）显著高于对照，分别为2.44、1.40、1.35、1.30 mg·g$^{-1}$；200 mg·L$^{-1}$ ABA、100 mg·L$^{-1}$ 2，4-D、50 mg·L$^{-1}$ 2，4-D处理可溶性果胶含量显著低于对照，分别为0.81、0.77、0.65 mg·g$^{-1}$。其余处理与对照无显著差异。

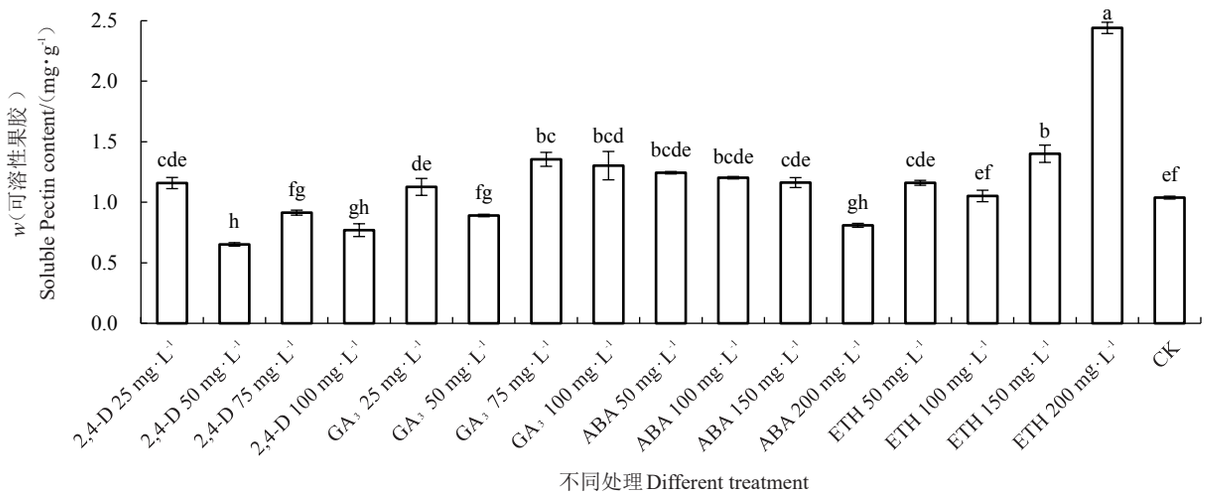


**图 10 不同处理对蓓蕾果实可溶性果胶含量的影响**

**Fig. 10 Effects of different treatments on soluble pectin content of Berel fruit**

如图11所示，2，4-D不同处理均使蓝果忍冬果实中原果胶含量增多，其中50 mg·L$^{-1}$、75 mg·L$^{-1}$和100 mg·L$^{-1}$ 2，4-D处理与对照相比表现出明显差异。同时，50 mg·L$^{-1}$ $GA_3$、150 mg·L$^{-1}$ ABA、100 mg·L$^{-1}$ ETH处理原果胶含量也表现为显著高于对照，50 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理达到最大值4.12 mg·g$^{-1}$。75 mg·L$^{-1}$ $GA_3$、200 mg·L$^{-1}$ ABA、50 mg·L$^{-1}$ ETH处理原果胶含量表现为显著低于对照，200 mg·L$^{-1}$ ABA处理达到最小值1.96 mg·g$^{-1}$。

综合硬度、可溶性果胶含量、原果胶含量差异分析，可以看出75 mg·L$^{-1}$ 2,4-D、100 mg·L$^{-1}$ 2,4-D、50 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理的蓝果忍冬果实中非水溶性物质原果胶的含量高，可溶性果胶与对照相比含量不变或有所降低，使果实硬度增大，能够提高蓝果忍冬果实耐贮性。

## 3 讨 论

### 3.1 植物生长调节物质对蓝果忍冬果实脱落的影响

在果实脱落的整个过程中，植物激素可以作为

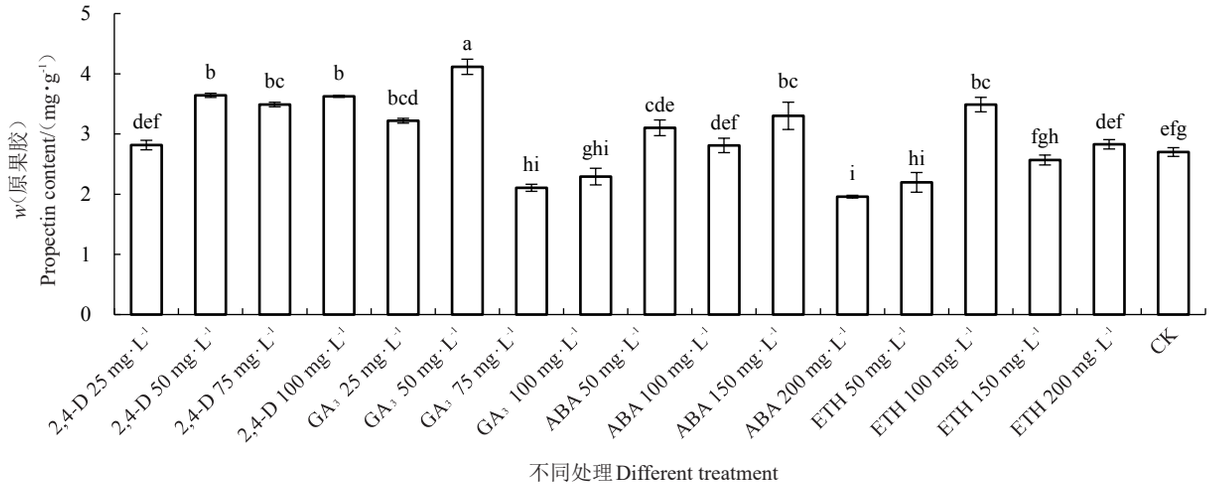


**图 11　不同处理对蓓蕾果实原果胶含量的影响**

**Fig. 11　Effects of different treatments on propectin content of Berel fruit**

影响脱落的加速或抑制信号参与果实脱落的复杂反应[21]。外源施加植物生长调节物质可改变植物内源生理变化，从而影响果实脱落进程。$GA_3$和2，4-D被认为是脱落抑制剂，本试验研究结果表明，喷施25~100 mg·L$^{-1}$的2，4-D和$GA_3$均降低了蓝果忍冬果实脱落率，延缓了果实脱落进程；这与王雄等[22]在脐橙上的研究结果相似，喷施$GA_3$和2，4-D使内源GA、IAA、ZR含量积累，延缓果实后熟进程，减少脐橙留树保鲜过程中的落果；同时，Mesejo等[23]在研究柑橘成熟果实脱落机制中也证明了外源喷施$GA_3$和2，4-D有延缓果实成熟衰老的功能。目前，众多研究表明，外源ABA具有促进果实成熟软化、加速果实脱落的作用[24-26]。在本研究结果中，100 mg·L$^{-1}$ ABA处理促进了成熟果实的脱落，200 mg·L$^{-1}$ ABA处理初期促进了膨大期和转色期果实的脱落，而50 mg·L$^{-1}$和150 mg·L$^{-1}$ ABA处理对蓝果忍冬成熟果实无明显的促进脱落效果，这可能是由ABA调控途径的复杂性造成的。Mishra等[27]研究指出，ABA需要乙烯的介导才能促进棉花叶片的脱落。Wilmowicz等[28]通过应用NBD（ET作用抑制剂）抑制了ABA对花脱落的促进作用，说明ABA本身并不足以促进植物器官离体，而是通过提高ET生物合成速率介导脱落。外源ABA对蓝果忍冬果实脱落的影响还有待进一步研究。乙烯利作为催熟剂、疏花疏果剂已在生产中大量使用[18,29]，笔者在本试验中筛选出50 mg·L$^{-1}$ ETH处理促进蓓蕾果实脱落效果最好。值得注意的是，100 mg·L$^{-1}$ ETH处理在果实脱落率统计过程中表现出转色期落果高峰，最终累计落果率低于对照。该结果的产生可能是由于100 mg·L$^{-1}$ ETH处理使蓝果忍冬植株在营养成分积累过程前大量疏果，有利于优化蓓蕾果实品质。

### 3.2　植物生长调节物质对蓝果忍冬果实品质的影响

果实品质是衡量果实商品性的重要因素。果实大小及硬度指标最能直观反映蓝果忍冬蓓蕾外观品质。笔者在本试验中，50 mg·L$^{-1}$ $GA_3$、100 mg·L$^{-1}$ 2，4-D可以增加蓝果忍冬单果质量、减少果实可溶性果胶含量，从而提高产量、增大果实硬度，这与郭俊强等[30]在阳光玫瑰葡萄上和杨海燕等[31]在蓝莓果实上的研究结果一致。可溶性固形物含量和总酸含量主要影响了蓝果忍冬果实的风味品质，笔者在本试验中，不同处理对可溶性固形物含量影响不同，既可以增加糖分积累也可以起抑制作用，其中，50 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理后含量最高。同时，$GA_3$不同浓度处理均增加了总酸含量，$GA_3$对总酸的影响趋势，与杜晓彧等[32]研究结果具有一致性。ETH处理与陈燕等[18]对库尔勒香梨和新梨7号的研究结果相似，合理浓度的ETH处理可增加蓝果忍冬果实可溶性固形物含量，但对总酸含量影响不大，从而增大糖酸比，改善果实风味品质。多酚类物质是蓝果忍冬果实中重要的营养物质，对总酚、总黄酮、花青素三个指标的相对含量测定，发现$GA_3$处理后，总酚含量均有所增加，75 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理明显增加总黄酮和花青素含量。本试验中，合适浓度的ABA处理虽然可以提高果实中的总酚含量，但综合分析ABA处理没有对果实品质起到正向调控作用，ABA在改善蓝果

忍冬果实品质上的应用还需进一步研究。

### 3.3 综合分析及研究展望

对不同植物调节剂处理的果实品质指标进行主成分分析，得到与乔永在[33]对40份蓝果忍冬种质资源果实主要营养成分分析中相似的结果，明确了总酚、总黄酮、花青素含量作为第一主成分主要评价指标。根据主成分分析结果，综合评价各处理果实品质指标的变化得出，在改善果实品质上，$GA_3$处理＞2，4-D处理＞对照＞ABA；而ETH根据浓度不同，对果实品质影响存在差异。结合果实脱落率进行综合分析，不同浓度$GA_3$、2，4-D处理均可改善果实品质且累计脱落率低于对照，说明$GA_3$和2，4-D不仅能够延缓果实脱落，还进一步提高了蓝果忍冬果实品质和商品性，可用于生产上果实留树保鲜和防止采前落果。而合理搭配植物生长调节物质亦对改善果实品质具有重要作用。王雄等[22]在脐橙中研究发现，$GA_3$+2，4-D混合处理在果实留树保鲜中对防止落果的作用效果要优于单一激素处理。李蕊等[34]在葡萄保果膨大试验中也表明$GA_3$和CPPU的混合使用处理效果更好。在本试验的基础上，未来可进一步研究不同植物生长调节物质及浓度组合对蓝果忍冬脱落和品质的影响，以得到更好的调控效果。

## 4 结 论

不同植物生长调节物质的使用效果，根据浓度不同对蓝果忍冬果实脱落及品质影响表现出很大的差异。笔者通过统计果实脱落率以及果实成熟期品质变化，筛选出蓝果忍冬蓓蕾最适植物调节剂施用浓度：100 mg·L$^{-1}$ 2，4-D、50 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理是延缓果实成熟的最佳选择，100 mg·L$^{-1}$ ABA和50 mg·L$^{-1}$ ETH处理是促进果实成熟脱落的最佳选择。其中综合分析各项果实品质指标得出50 mg·L$^{-1}$ $GA_3$处理的改善果实品质效果最好，在延缓果实脱落的同时又能提高果实品质，增加经济效益。

### 参考文献 References：


[1] 杨万基，霍俊伟，高欢，张娟，刘玲，姜淑兰. 蓝靛果保健功能及食品开发的研究进展[J]. 中国果树，2019(6)：22-26.
YANG Wanji，HUO Junwei，GAO Huan，ZHANG Juan，LIU Ling，JIANG Shulan. Research progress on nutrition health function and food development of blue honeysuckle[J]. China Fruits，2019(6)：22-26.

[2] 李圣桡，李若萌，陈博朴，张卫，周亚军. 蓝靛果的营养价值与加工技术研究进展[J]. 农产品加工，2020(2)：68-73.
LI Shengjun，LI Ruomeng，CHEN Bopu，ZHANG Wei，ZHOU Yajun. Research progress on nutritional value and processing technology of blue rime fruit[J]. Farm Products Processing，2020(2)：68-73.

[3] 孙晶. 3个蓝靛果品种果实生物活性物质含量及抗氧化性的比较[J]. 经济林研究，2019，37(3)：95-100.
SUN Jing. Comparison of bioactive component contents and antioxidant activities in three varieties of *Lonicera caerulea* fruits[J]. Non-wood Forest Research，2019，37(3)：95-100.

[4] GOŁBA M，SOKÓŁ- ŁĘTOWSKA A，KUCHARSKA A Z. Health properties and composition of honeysuckle berry *Lonicera caerulea* L. ：An update on recent studies[J]. Molecules，2020，25(3)：749.

[5] GAWROŃSKI J，ŻEBROWSKA J，PABICH M，JACKOWSKA I，KOWALCZYK K，DYDUCH-SIEMIŃSKA M. Phytochemical characterization of Blue Honeysuckle in relation to the genotypic diversity of *Lonicera* sp.[J]. Applied Sciences，2020，10(18)：6545.

[6] 白龙林，张彦龙，张聪，赵丹丹. 蓝靛果的主要成分以及药用价值和应用价值研究进展[J]. 食品安全导刊，2020(27)：29-30.
BAI Longlin，ZHANG Yanlong，ZHANG Cong，ZHAO Dandan. Research progress on main components，medicinal value and application value of blue honeysuckle[J]. China Food Safety Magazine，2020(27)：29-30.

[7] 张启昌，李亮，张义涛，李玉涛，孙成钰. 蓝靛果忍冬利用价值研究进展[J]. 北华大学学报(自然科学版)，2014，15(5)：661-664.
ZHANG Qichang，LI Liang，ZHANG Yitao，LI Yutao，SUN Chengyu. Research progress on the utility value of *Lonicera caerulea*[J]. Journal of Beihua University (Natural Science)，2014，15(5)：661-664.

[8] ESTORNELL L H，AGUSTÍ J，MERELO P，TALÓN M，TADEO F R. Elucidating mechanisms underlying organ abscission[J]. Plant Science，2013，199/200：48-60.

[9] RADEMACHER W. Plant growth regulators：Backgrounds and uses in plant production[J]. Journal of Plant Growth Regulation，2015，34(4)：845-872.

[10] AHMED W，TAHIR F M，RAJWANA I A，RAZA S A，ASAD H U. Comparative evaluation of plant growth regulators for preventing premature fruit drop and improving fruit quality parameters in ‘Dusehri’ mango[J]. International Journal of Fruit Science，2012，12(4)：372-389.

[11] BANGERTH F. Abscission and thinning of young fruit and thier regulation by plant hormones and bioregulators[J]. Plant Growth Regulation，2000，31(1)：43-59.

[12] 白世践，李超，赵荣华，陈光，蔡军社. 赤霉素与氯吡苯脲处理对‘克瑞森’无核葡萄果实品质的影响[J]. 北方园艺，2015(14)：7-10.
BAI Shijian，LI Chao，ZHAO Ronghua，CHEN Guang，CAI Junshe. Effects of $GA_3$ and CPPU treatment on fruit quality of ‘Crimson’ seedless grape[J]. Northern Horticulture，2015(14)：7-10.

[13] 王贵元，陶勇. 外源$GA_3$和2，4-D对椪柑果实延迟采收品质的影响[J]. 天津农业科学，2013，19(1)：11-14.
WANG Guiyuan，TAO Yong. Effect of exogenous $GA_3$ and 2，4-D on kam peng fruits of the delayed harvest[J]. Tianjin Agricultural Sciences，2013，19(1)：11-14.

[14] 祝军，柴璐，侯柄竹，沈元月，郭家选. 果实中脱落酸的研究进展与展望[J]. 园艺学报，2015，42(9)：1664-1672.
ZHU Jun，CHAI Lu，HOU Bingzhu，SHEN Yuanyue，GUO Jiaxuan.

Research advances and prospects of ABA in fleshy fruit[J]. Acta Horticulturae Sinica，2015，42(9)：1664-1672.

[15] 赵权，王军 . ABA 和 6-BA 对山葡萄果实着色及相关品质的影响[J]. 江苏农业科学，2010(2)：189-190.
ZHAO Quan，WANG Jun. Effects of ABA and 6-BA on coloration and related quality of grape fruit[J]. Jiangsu Agricultural Sciences，2010(2)：189-190.

[16] 曲文颖，刘真真，谢琳淼，敖红 . 外源脱落酸和乙烯利对蓝莓重要品质的调控[J]. 江苏农业科学，2017，45(17)：126-129.
QU Wenying，LIU Zhenzhen，XIE Linmiao，AO Hong. Effects of exogenous abscisic acid and ethrel on quality of blueberry[J]. Jiangsu Agricultural Sciences，2017，45(17)：126-129.

[17] 郭香凤，张国海，史国安，梁臣，张益民，张桂莲 . 乙烯利对杏果实后熟的生理效应[J]. 河南农业大学学报，2001，35(2)：122-124.
GUO Xiangfeng，ZHANG Guohai，SHI Guo'an，LIANG Chen，ZHANG Yimin，ZHANG Guilian. Physiological effect of ethephon in ripening in postharvest *Prunus armeniace* fruit[J]. Journal of Henan Agricultural University，2001，35(2)：122-124.

[18] 陈燕，张倩，董玉忠，陶书田，张天正，包建平 . 乙烯利对'库尔勒香梨'和'新梨 7 号'脱萼率及果实品质的影响[J]. 河南农业大学学报，2020，54(6)：949-955.
CHEN Yan，ZHANG Qian，DONG Yuzhong，TAO Shutian，ZHANG Tianzheng，BAO Jianping. Effects of ethephon on the rate of calyx-abscission and fruit quality of 'Korla Fragrant Pear' and 'Xinli No.7' [J]. Journal of Henan Agricultural University，2020，54(6)：949-955.

[19] 丁建东，张雪红，姚先超，黄艳伟，林翠梧 . 咔唑比色法测定剑麻果胶含量[J]. 食品研究与开发，2010，31(11)：138-140.
DING Jiandong，ZHANG Xuehong，YAO Xianchao，HUANG Yanwei，LIN Cuiwu. Determination of sisal pectin content by carbazole colorimetric method[J]. Food Research and Development，2010，31(11)：138-140.

[20] ZHANG D L，QUANTICK P C. Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit[J]. Postharvest Biology and Technology，1997，12(2)：195-202.

[21] 张义，刘云利，刘子森，韩帆，严攀，贺锋，吴振斌 . 植物生长调节剂的研究及应用进展[J]. 水生生物学报，2021，45(3)：700-708.
ZHANG Yi，LIU Yunli，LIU Zisen，HAN Fan，YAN Pan，HE Feng，WU Zhenbin. The research and application progress of plant growth regulators[J]. Acta Hydrobiologica Sinica，2021，45(3)：700-708.

[22] 王雄，陈金印，刘善军 . 喷施 $GA_3$ 和 2，4-D 对留树保鲜脐橙落果和内源激素含量的影响[J]. 园艺学报，2012，39(3)：539-544.
WANG Xiong，CHEN Jinyin，LIU Shanjun. Effect of spraying $GA_3$ and 2，4-D on fruit drop and endogenous hormone content of navel orange[J]. Acta Horticulturae Sinica，2012，39(3)：539-544.

[23] MESEJO C，MARZAL A，MARTÍNEZ-FUENTES A，REIG C，AGUSTÍ M. On how auxin，ethylene and IDA-peptide relate during mature *Citrus* fruit abscission[J]. Scientia Horticulturae，2021，278：109855.

[24] GÓMEZ-CADENAS A，MEHOUACHI J，TADEO F R，PRIMO-MILLO E，TALON M. Hormonal regulation of fruitlet abscission induced by carbohydrate shortage in citrus[J]. Planta，2000，210(4)：636-643.

[25] 刘廷旭，罗川，赵彩平，韩明玉 . 脱落酸对桃果实成熟软化和乙烯生物合成的影响[J]. 北方园艺，2012(20)：134-137.
LIU Tingxu，LUO Chuan，ZHAO Caiping，HAN Mingyu. Effect of ABA on fruit ripening and ethylene biosynthesis[J]. Northern Horticulture，2012(20)：134-137.

[26] EINHORN T C，ARRINGTON M. ABA and shading induce 'Bartlett' pear abscission and inhibit photosynthesis but are not additive[J]. Journal of Plant Growth Regulation，2018，37(1)：300-308.

[27] MISHRA A，KHARE S，TRIVEDI P K，NATH P. Effect of ethylene，1-MCP，ABA and IAA on break strength，cellulase and polygalacturonase activities during cotton leaf abscission[J]. South African Journal of Botany，2008，74(2)：282-287.

[28] WILMOWICZ E，FRANKOWSKI K，KUĆKO A，ŚWIDZIŃSKI M，DE DIOS ALCHÉ J，NOWAKOWSKA A，KOPCEWICZ J. The influence of abscisic acid on the ethylene biosynthesis pathway in the functioning of the flower abscission zone in *Lupinus luteus*[J]. Journal of Plant Physiology，2016，206：49-58.

[29] 柳觐，陈丽兰，倪书邦，孔广红，马静，李玉宏，吴超，贺熙勇 . 喷施乙烯利对'HAES900'澳洲坚果果实脱落和品质的影响[J]. 热带作物学报，2017，38(2)：194-198.
LIU Jin，CHEN Lilan，NI Shubang，KONG Guanghong，MA Jing，LI Yuhong，WU Chao，HE Xiyong. The effect of ethephon spraying on the fruit abscission and quality of *Macadam*ia cultivar 'HAES900'[J]. Chinese Journal of Tropical Crops，2017，38(2)：194-198.

[30] 郭俊强，王琦俐，王祎玮，李智，王西平 . 花穗整形及植物生长调节剂处理对'阳光玫瑰'葡萄果实品质的影响[J]. 中国果树，2021(4)：27-34.
GUO Junqiang，WANG Qili，WANG Yiwei，LI Zhi，WANG Xiping. Effects of floral cluster pruning and plant growth regulators on berry quality of grape cultivar 'Shine Muscat'[J]. China Fruits，2021(4)：27-34.

[31] 杨海燕，严志祥，樊苏帆，吴文龙，阎连飞，李维林 . 不同浓度赤霉素处理对基质栽培蓝莓'安娜'果实品质的影响[J]. 北方园艺，2020(23)：39-43.
YANG Haiyan，YAN Zhixiang，FAN Sufan，WU Wenlong，LÜ Lianfei，LI Weilin. Effects of different gibberellic acid concentrations on the fruits quality of blueberry cultivar 'Anna'[J]. Northern Horticulture，2020(23)：39-43.

[32] 杜晓彧，常海飞，冯晓东 . 不同浓度赤霉素对金丝小枣叶片生长和果实品质的影响[J]. 延安大学学报(自然科学版)，2014，33(1)：50-53.
DU Xiaoyu，CHANG Haifei，FENG Xiaodong. Effect of leaf growth and fruit quality of *Zizyphus jujuba* cv. Jinsixiaozao at different concentration of GA[J]. Journal of Yanan University (Natural Science Edition)，2014，33(1)：50-53.

[33] 乔永在 . 蓝靛果忍冬(*Lonicera caerulea*)种质资源评价研究[D]. 北京：中国农业科学院，2016.
QIAO Yongzai. Evaluation study of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea*) germplasm resources[D]. Beijing：Chinese Academy of Agricultural Sciences，2016.

[34] 李蕊，王录俊，朱盼盼，王金锋，张薇，安娟娟，刘晓娟 . $GA_3$ 和 CPPU 对早巨选葡萄果实品质的影响[J]. 河北果树，2020(1)：7-8.
LI Rui，WANG Lujun，ZHU Panpan，WANG Jinfeng，ZHANG Wei，AN Juanjuan，LIU Xiaojuan. Effect of $GA_3$ and CPPU on fruit quality of Zaojuxuan grape[J]. Hebei Fruits，2020(1)：7-8.