

外源赤霉素(GA₃)对青花菜花芽分化和花球发育的影响

蒋欣梅, 李丹, 王凤娇, 于锡宏*

东北农业大学园艺学院, 哈尔滨 150030

提要: 喷施 GA₃ 可在一定程度上促进青花菜的花芽分化进程, 因而使花球的现蕾期、膨大期和采收始期相应提前, 50 mg·L⁻¹ GA₃ 处理的最佳, 产量和花球紧实度也增加, 喷施 100 mg·L⁻¹ GA₃ 的青花菜花球维生素 C 含量显著下降。

关键词: 赤霉素; 青花菜; 花芽分化; 花球发育

Effects of Exogenous GA₃ on Flower Bud Differentiation and Flower-ball Development of Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*)

JIANG Xin-Mei, LI Dan, WANG Feng-Jiao, YU Xi-Hong*

College of Horticulture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China

Abstract: The experiment was carried out with different concentrations of exogenous GA₃ spraying on broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). The results showed that, the concentration of 50 mg·L⁻¹ GA₃ could promote the flower-bud differentiation, advance the budding stage, rapid growing stage and initial period harvest, increase the yield and flower-ball compactness significantly. However, 100 mg·L⁻¹ GA₃ decreased ascorbic acid of broccoli flower-ball obviously.

Key words: GA₃; broccoli; flower bud differentiation; flower-ball development

青花菜的食用部分为带有花蕾群的肥嫩花枝花茎, 因此其春化作用和花芽分化是获得产品器官——花球的前提, 青花菜是绿体春化型植物, 即只有在幼苗长到一定大小的植株时才能通过春化(蒋先明 1995), 进而完成花芽分化获得花球。早在 1932 年, 前苏联李森科提出以发育阶段学说为基础的春化理论学说(任锡畴 1998), 20 世纪 50~60 年代我国学者对大蒜(李曙轩 1955)、菠菜、莴苣、苜蓿(蒋先明 1965)、白菜(谭其猛等 1960)、萝卜(李鸿勋 1965)等的春化作用都作过研究。此外, 张焱和官春云(1993)曾报道, 油菜花芽分化的起始伴随着内源赤霉素含量上升。孙日飞等(1999)观察到, 外源赤霉素可缩短白菜从播种到开花的时间。赤霉素对花芽分化和开花的影响在果树中的报道却相反, 周学伍等(1981)报道, 外源赤霉素可有效抑制甜橙花芽的形成, 且 GA₃ 浓度的差异对花芽的抑制效应有影响。王庆成和徐德兰(2001)报道, 外源 GA₃ 可有效地抑制杨树雌株的花芽分化过程。由此可见, 赤霉素对花芽分化的影响随植物种类而异。于锡宏和蒋欣梅(2007)报道, 青花菜体内高水平的赤霉素含量有利于植株体启动春化, 进行花芽分化的青花菜体内赤霉素含量显著高于未进行花芽分化的植株。迄今, 外源赤霉素对青花菜花芽分化

影响的报道尚未见。本文以不同熟性品种青花菜为试材, 叶面喷施不同浓度的赤霉素(GA₃), 探讨外源 GA₃ 与青花菜花芽分化的关系以及其对花球发育的影响, 以期能为青花菜的高产优质栽培和芸苔属绿体春化型植物花芽分化的研究提供参考。

材料与方法

试验于 2006~2007 年在东北农业大学园艺站露地进行, 试材为青花菜(*Brassica oleracea* var. *italica*)早熟品种‘清风 103’(由香港惟勤种苗公司提供)和中熟品种‘绿秀’(由韩国兴农种苗株式会社提供)。GA₃ 由哈尔滨赛拓生物科技有限公司提供。试材于 5 月 25 日播种, 幼苗长至 1~2 片真叶时分苗于 12 cm×12 cm 营养钵中。‘绿秀’长至 5 片真叶、‘清风 103’长至 3 片真叶时随机选取大小均匀一致的幼苗, 叶面喷施外源 GA₃, 以叶片充

收稿 2008-01-16 修定 2008-06-26

资助 东北农业大学创新团队课题(CXT002-2-2)、黑龙江省教育厅重点实验室(寒地蔬菜生物学实验室——蔬菜生理与设施园艺研究室)、黑龙江省研究生创新科研基金项目(YJSCX2008-092HLJ)。

* 通讯作者(E-mail: yxh100@sohu.com; Tel: 0451-55190300)。

分淋湿为度, GA_3 浓度设有 25、50、100 $mg \cdot L^{-1}$ 。为使溶液能充分接触叶片, 在溶液中加入 1~2 滴吐温-20, 每隔 5 d 喷施一次, 共喷 3 次。设定清水和清水 + 吐温两个对照。

试验分观察取样区和花球发育测定区。前者每个处理为 120 株, 重复 3 次, 处理当天和以后每隔 3 d 随机选取 5 株, 参照关佩聪和梁承愈(1992)文中的方法, 以 OLYMPUS SZH-ILLD BO71 型实物解剖显微镜(60倍)观察花芽分化, 记录花芽分化进程: (1)花芽分化临界期(表现为生长锥逐渐突起变平加宽, 其体积和表面积都增大, 叶原基几乎包裹不住, 在叶原基内侧出现突起痕迹); (2)第 1 级侧花茎原基分化期(表现为在茎尖生长锥周围有明显的突起); (3)第 2~3 级侧花茎原基分化期(表现为在不断分化第 1 级侧花茎原基的同时, 先分化的第 1 级侧花茎原基的周缘开始分化第 2 级侧花茎原基; 在不断分化第 1、2 级侧花茎原基的同时, 先分化的第 2 级侧花茎原基的周缘开始分化第 3 级侧花茎原基)。后者将处理后的植株定植于露地, 中熟品种‘绿秀’于 7 月 17 日定植, 早熟品种‘清风 103’于 7 月 27 日

定植, 株行距为 70 $cm \times 50$ cm , 小区面积为 1 $m \times 7$ m , 每处理为 20 株, 随机区组排列, 重复 3 次。植株生长过程中调查花球的现蕾期(将植株出现 1 cm 大小的小花球称为现蕾, 当每一小区有 30% 现蕾时即为现蕾期)、花球膨大期(当每一小区有 30% 植株出现 7 cm 大小的花球时即为膨大期)和花球采收始期(当花球直径达到 14 cm 时开始采收), 花球采收后作产量、紧实度和品质测定。可溶性糖和淀粉含量测定采用蒽酮法(邹琦 2000); 可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法(高俊凤 2006); 维生素 C 含量测定用钼蓝比色法(高俊凤 2006); 花球紧实度($g \cdot cm^{-2}$)= $A/[3.14 \times (0.5 \times B)^2]$, 式中: A 为青花菜单球重量(g), B 为花球直径(cm), 3.14 为圆周率 π 。

结果与讨论

1 外源 GA_3 对青花菜花芽分化进程的影响

花芽分化临界期是植株春化作用完成的重要标志, 也是植株花芽分化起始的标志。如表 1 所示, 3 个浓度 GA_3 处理的‘清风 103’和‘绿秀’青花菜

表 1 外源 GA_3 对青花菜花芽分化的影响

Table 1 Effects of exogenous GA_3 on the flower bud differentiation in broccoli

| GA_3 浓度 / $mg \cdot L^{-1}$ | 花芽分化临界期 /d | | 第 1 级侧花茎原基分化期 /d | | 第 2~3 级侧花茎原基分化期 /d | |
|-------------------------------|------------|---------|------------------|---------|--------------------|---------|
| | ‘清风 103’ | ‘绿秀’ | ‘清风 103’ | ‘绿秀’ | ‘清风 103’ | ‘绿秀’ |
| 清水 | 24±0.77 | 31±0.82 | 41±0.25 | 54±0.09 | 44±0.65 | 63±0.51 |
| 清水 + 吐温 | 23±0.56 | 31±0.79 | 41±0.67 | 52±0.36 | 43±0.66 | 60±0.08 |
| 25 | 17±0.31 | 21±0.72 | 33±0.27 | 42±0.22 | 39±0.55 | 53±0.76 |
| 50 | 16±0.35 | 21±0.39 | 30±0.75 | 39±0.46 | 35±0.53 | 49±0.42 |
| 100 | 19±0.17 | 27±0.16 | 35±0.82 | 44±0.73 | 39±0.69 | 54±0.02 |

天数为开始进入花芽分化临界期、第 1 级侧花茎原基分化期、第 2~3 级侧花茎原基分化期的时间。

花芽分化临界期均比两个对照早, 25 和 50 $mg \cdot L^{-1}$ GA_3 处理间的差异不大; 外施 GA_3 可缩短两个品种青花菜的第 1 级侧花茎原基分化期和第 2~3 级侧花茎原基分化期, 其中以 50 $mg \cdot L^{-1}$ GA_3 处理的花芽分化进程最快。这与王淑芬等(2002)的外源 GA_3 促进萝卜抽薹开花以及崔辉梅等(2007)的喷施赤霉素可促进胡萝卜的开花抽薹相一致, 而与柴建方等(2000)的高浓度的 GA_3 可明显促进温室内冬小麦植株的发育相反, 这可能是赤霉素影响花芽分化和开花因植物种类而异所致, 也可能是由于我们的试验

是在室外进行, 比柴建方等(2000)在温室中的光照条件好所致。

2 外源 GA_3 对青花菜花球发育的影响

如表 2 所示, GA_3 对青花菜的花球发育影响明显, GA_3 处理的‘清风 103’和‘绿秀’青花菜花球的现蕾期、膨大期和采收始期均比清水和清水 + 吐温两个对照早, 各处理间的差异不大。我们认为, GA_3 对青花菜花球发育的这种促进作用, 可能是三个因素造成: 一是外源 GA_3 促进花芽分化临界期提前; 二是外源 GA_3 促进花芽分化进程缩短; 三是外

表2 外源 GA₃对青花菜花球发育的影响Table 2 Effects of exogenous GA₃ on the flower-ball developmental stage in broccoli

| GA ₃ 浓度 /mg·L ⁻¹ | 现蕾期 /d | | 花球膨大期 /d | | 花球采收始期 /d | |
|--|----------|---------|----------|---------|-----------|---------|
| | ‘清风 103’ | ‘绿秀’ | ‘清风 103’ | ‘绿秀’ | ‘清风 103’ | ‘绿秀’ |
| 清水 | 53±0.37 | 70±0.51 | 61±0.27 | 76±0.71 | 67±0.71 | 82±0.57 |
| 清水 + 吐温 | 51±0.89 | 67±0.70 | 60±0.33 | 76±0.87 | 65±0.87 | 81±0.52 |
| 25 | 49±0.62 | 64±0.47 | 56±0.01 | 72±0.14 | 60±0.48 | 78±0.09 |
| 50 | 49±0.11 | 63±0.85 | 55±0.31 | 70±0.87 | 60±0.57 | 77±0.44 |
| 100 | 50±0.06 | 64±0.63 | 58±0.24 | 74±0.46 | 62±0.54 | 80±0.79 |

天数为开始进入现蕾期、花球膨大期、花球采收期的时间。

源 GA₃ 促进花球发育进程缩短。这与我们(蒋欣梅和于锡宏2006)前期工作中以低温处理青花菜的萌动种子可促进其花芽分化, 促使现蕾期和采收期提前的结果相一致。

3 外源 GA₃对青花菜花球产量和紧实度的影响

由表3可见, 外源 GA₃ 促进两个品种青花菜的产量和紧实度提高, 但并不是喷施 GA₃ 的浓度越高,

促进效果越显著, 而是以 50 mg·L⁻¹ GA₃ 处理的效果最佳, 50 mg·L⁻¹ GA₃ 处理的两个品种青花菜的产量均显著高于两个不喷施 GA₃ 处理的。青花菜产量的形成以植株体完成花芽分化为前提, 在本文中, 适宜浓度的 GA₃ 处理, 不仅促进青花菜的花芽分化, 而且还促进花球发育, 提高产量和紧实度, 说明 GA₃ 对花芽分化的促进作用并不以降低花球发育的质量

表3 外源 GA₃对青花菜花球产量和紧实度的影响Table 3 Effects of exogenous GA₃ on the yield and compactness of flower-ball in broccoli

| GA ₃ 浓度 /mg·L ⁻¹ | ‘清风 103’ | | ‘绿秀’ | |
|--|-------------------------|--|-------------------------|--|
| | 紧实度 /g·cm ⁻² | 产量 /kg·(667 m ²) ⁻¹ | 紧实度 /g·cm ⁻² | 产量 /kg·(667 m ²) ⁻¹ |
| 清水 | 2.32±0.11 ^b | 689.68±27.47 ^c | 2.41±0.06 ^b | 707.43±26.48 ^c |
| 清水 + 吐温 | 2.40±0.11 ^{ab} | 703.74±10.05 ^{bc} | 2.48±0.11 ^b | 742.67±28.63 ^{bc} |
| 25 | 2.42±0.04 ^{ab} | 738.25±35.47 ^{ab} | 2.51±0.14 ^{ab} | 755.89±12.22 ^{abc} |
| 50 | 2.55±0.19 ^a | 768.60±36.61 ^a | 2.72±0.15 ^a | 797.58±24.57 ^a |
| 100 | 2.45±0.10 ^{ab} | 718.16±25.82 ^b | 2.60±0.12 ^{ab} | 761.90±10.03 ^{ab} |

差异显著性分析用 LSD 新复极差法, 小写字母为 0.05 水平。表 4 同此。

表4 外源 GA₃对青花菜花球营养物质含量的影响Table 4 Effects of exogenous GA₃ on the nutrition substance contents of flower-ball in broccoli

| 品种 | GA ₃ 浓度 /mg·L ⁻¹ | 可溶性糖 /% | 淀粉 /% | 可溶性蛋白 /% | 维生素 C/mg·(100 g) ⁻¹ (FW) |
|----------|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| ‘清风 103’ | 清水 | 1.334±0.025 ^c | 0.172±0.001 ^a | 1.311±0.053 ^a | 88.136±3.171 ^a |
| | 清水 + 吐温 | 1.213±0.046 ^{cd} | 0.159±0.003 ^c | 1.213±0.072 ^c | 83.051±2.397 ^a |
| | 25 | 1.192±0.012 ^d | 0.134±0.003 ^d | 1.296±0.055 ^{ab} | 86.441±2.075 ^a |
| | 50 | 1.512±0.054 ^b | 0.160±0.005 ^{bc} | 1.281±0.091 ^b | 87.288±1.985 ^a |
| | 100 | 1.743±0.062 ^a | 0.168±0.006 ^{ab} | 1.184±0.166 ^d | 60.169±2.397 ^b |
| ‘绿秀’ | 清水 | 0.839±0.023 ^b | 0.157±0.002 ^a | 1.373±0.020 ^a | 94.915±4.321 ^a |
| | 清水 + 吐温 | 0.734±0.011 ^c | 0.145±0.006 ^b | 1.335±0.112 ^b | 87.288±2.397 ^b |
| | 25 | 0.753±0.013 ^c | 0.138±0.004 ^b | 1.306±0.033 ^c | 83.898±2.076 ^{bc} |
| | 50 | 0.908±0.014 ^a | 0.143±0.002 ^b | 1.288±0.107 ^d | 82.203±3.171 ^{bc} |
| | 100 | 0.944±0.053 ^a | 0.155±0.005 ^a | 1.242±0.058 ^c | 77.119±3.170 ^c |

为前提。此外,在生产中因低温造成的早现球植株往往易早散球,产量并不高,而本文中经 GA_3 处理的早现球并无散球现象,产量也较高,这可能是春化促进开花是通过提高植物体内 GA_3 含量而实现,也说明 GA_3 可能有部分代替低温的作用,因而青花菜在较高温度下完成花芽分化有提早现象。

4 外源 GA_3 对青花菜花球中营养物质含量的影响

由表4可见,喷施 GA_3 对青花菜花球营养物质含量有一定影响,在 $50\sim 100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ GA_3 范围内,两个品种青花菜花球中可溶性糖含量增加, $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ GA_3 处理的花球中可溶性蛋白和维生素C含量均显著降低,喷施 GA_3 对花球淀粉含量没有多大影响。

参考文献

- 柴建方, 马民强, 谢小亮, 孙国忠, 张永强, 王海波(2000). 外源激素对冬小麦春化作用的影响. 华北农学报, 15 (1): 22~26
- 崔辉梅, 樊新民, 舒清(2007). 赤霉素对胡萝卜生长及产量的影响. 北方园艺, 2: 9~11
- 高俊凤主编(2006). 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社, 202~203
- 关佩聪, 梁承愈(1992). 青花菜花球形态建成的研究. 园艺学报, 19 (2): 147~150
- 蒋先明(1965). 乙醚气处理种子后对于几种蔬菜作物生长与开花结实的影响. 植物生理学通讯, (3): 23~26
- 蒋先明主编(1995). 蔬菜栽培生理学. 北京: 中国农业出版社, 14~16
- 蒋欣梅, 于锡宏(2006). 萌动种子低温处理对青花菜花球发育及品质的影响. 见: 王秀峰, 李宪利主编. 园艺学进展(第七辑). 第1版. 北京: 中国农业出版社, 338~340
- 李鸿勋(1965). 萝卜春化阶段试验. 园艺学报, (1): 52~55
- 李曙轩(1955). 大蒜的春化阶段与光照阶段. 植物生理学通讯, (1): 22~23
- 任锡畴(1998). 春化作用. 见: 中国大百科全书(生物卷I). 北京: 中国大百科全书出版社, 157
- 孙日飞, 张淑江, 司家钢, 钮心恪, 吴飞燕(1999). 春化和赤霉素对大白菜抽薹开花的影响. 中国蔬菜, (3): 14~17
- 谭其猛, 丁春荣, 景士西(1960). 大白菜良种繁育技术的研究. 辽宁农业科学, (1): 58~69
- 王庆成, 徐德兰(2001). 赤霉素(GA_3)对杨树开花结实的效应. 植物生理学通讯, 37 (6): 510~512
- 王淑芬, 徐文玲, 郎丰庆, 何启伟, 侯丽霞, 刘继保(2002). 赤霉素对耐抽薹萝卜抽薹开花的影响. 山东农业科学, (6): 14~16
- 于锡宏, 蒋欣梅(2007). 不同温度对青花菜花芽分化的影响. 植物生理学通讯, 43 (1): 89~92
- 张焱, 官春云(1993). 内源赤霉素与油菜不同种性品种花芽分化的关系研究. 作物学报, 19: 365~371
- 邹琦主编(2000). 植物生理学实验指导. 北京: 中国农业出版社, 110~114
- 周学武, 陈清亮, 曾凡哲, 杨禹良(1981). 赤霉素对甜橙花芽形成影响的研究. 植物生理学通讯, (1): 43~47