

外源GA₃和6-BA对郁金香鳞茎内3种激素含量变化的影响

魏钰^{1,2}, 张辉^{1,3}, 孟昕¹, 刘娜¹, 义鸣放^{2,*}

¹北京市植物园, 北京100093; ²中国农业大学农学与生物技术学院, 北京100193; ³北京农学院植物科学技术学院, 北京102206

摘要: 以郁金香‘红色印象’的种球为试验材料, 在栽植前后分别用GA₃和6-BA溶液进行处理, 在栽植期、出芽期、现蕾期、盛花期以及衰败期采集不同处理下鳞茎的鳞片 and 茎盘, 分别测定其内源激素GA₃、IAA和ABA的含量。结果显示: 种植前用GA₃溶液浸泡过的种球在栽植期内源GA₃含量明显升高, ABA含量则低于对照, 而低浓度ABA有利于激活郁金香的生长发育进程。在生长期外施GA₃和6-BA后, 5℃处理、常温以及经过GA₃浸泡过的常温种球在现蕾期GA₃和IAA含量都明显高于对照, 说明外施生长调节剂对内源GA₃和IAA含量具有一定的影响。从ABA/GA₃比值看, 由于GA₃含量相对稳定, 因此该比值变化与ABA含量变化基本一致; 鳞片 and 茎盘中ABA/IAA比值随着郁金香的生长发育总体上呈下降的趋势, 说明激素平衡对郁金香的生长发育起着重要的调节作用。

关键词: 郁金香; 鳞茎; 内源激素; 植物生长调节剂; 花期调控

Effects of GA₃ and 6-BA Treatments on Changes of Three Endogenous Phytohormones Contents in Tulip Bulbs

WEI Yu^{1,2}, ZHANG Hui^{1,3}, MENG Xin¹, LIU Na¹, YI Ming-Fang^{2,*}

¹Beijing Botanical Garden, Beijing 100093, China; ²College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China; ³College of Plant Science & Technology, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China

Abstract: Using *Tulipa* ‘Red Impression’ as materials, the bulbs were treated with solution of GA₃ and 6-BA before and after planting. At five growth stages, the contents of endogenous GA₃, IAA and ABA in scales and basal plates from bulbs with different treatments were measured. The results showed that the GA₃ content was increased remarkably at germination stage since the bulbs were soaked in GA₃ before planting. Meanwhile the ABA content of the same treatment was declined which could activate growth processes. Using GA₃ and 6-BA at the beginning of growth made GA₃ and IAA content of 5℃ cooled, uncooled and uncooled with soaked in GA₃ bulbs before planting treatments were much higher than CK at the stage of flower bud emerged. The change of ratio of ABA/GA₃ was almost same as the change of endogenous ABA content since endogenous GA₃ content was quite stable, the trend of ABA/IAA was going down during growth period, which indicate that the balance of endogenous phytohormone played an important role during growth and development of tulip.

Key words: tulip; bulb; endogenous phytohormone; plant growth regulator; flowering regulation

郁金香是百合科郁金香属多年生球根花卉, 主要起源地在中亚地区: 天山西部和帕米尔-阿来山脉, 向西延至喜马拉雅山脉; 从我国新疆至欧洲地中海沿岸, 北纬33°~48°范围。本属植物约有150余种, 我国有16种(费砚良等2008)。郁金香因其优雅的花型、丰富的色彩以及广泛的应用效果, 深受人们的喜爱。我国自20世纪60年代开始从荷兰引种并大面积应用郁金香, 现在全国每年进口量达6 000万粒以上(邓涛2008)。北京市植物园从2004年开始举办世界名花展, 以露地栽植郁金香为主要展区, 每年春季吸引大量游人, 但是由于北方地区早春温度变化剧烈, 使其花期不稳定, 常导

致清明节前后踏青赏花高峰期郁金香花展的观赏效果欠佳, 因此, 郁金香露地栽植短期花期调控已经成为亟待解决的问题。郁金香为秋植球根花卉, 需要经过低温阶段促进花茎伸长, 同时也是温度敏感型植物, 由于露地栽植很难控制大环境的温度, 因此通过植物生长调节剂来调控郁金香的花期成为国内外研究的热点。在郁金香促成栽培中以GA₃和6-BA混合液滴入叶丛中, 能够弥补低温的

收稿 2012-11-02 修定 2013-01-18

资助 北京市园林绿化局项目(YLHH200900301)。

* 通讯作者(E-mail: ymfang@cau.edu.cn; Tel: 010-62733817)。

不足,并能有效防止盲花(彭子模等1996)。在郁金香株高为7~10 cm时用GA₃进行处理,可使郁金香花期提前10~15 d(于淑玲和李瑞国2005)。在郁金香现蕾后喷施以6-BA和KH₂PO₄为主要成分的复合化学制剂,可令花期延长2 d(杨玉秀等1998)。可见植物生长调节剂对郁金香的短期花期调节具有一定作用,但是其作用机理尚无研究报道。本试验通过施加外源GA₃和6-BA,分别对不同生长时期种球内源激素含量进行测定和分析,旨在了解外施植物生长调节剂对郁金香生长发育过程中种球内部3种激素含量变化的影响,进而探索其内源激素含量变化与花期早晚的关联,以期对郁金香露地栽植时的短期花期调控提供理论依据。

材料与方法

试验于2011年至2012年在北京市植物园花卉基地进行。以郁金香品种‘红色印象’(*Tulipa* ‘Red Impression’)的种球为试验材料,包括常温球和5 °C处理球两种,规格均为12⁺ cm,购于荷兰JAN DE WIT EN ZONEN B.V.公司。露地栽植密度为10 cm×10 cm,栽植深度为10 cm。试验包括3个处理和1个对照,具体见表1;每个处理60粒种球,分3组重复,每组20粒。

分别在郁金香的栽植期(11月30日)、出芽期(次年3月26日)、现蕾期(次年4月10日)、盛花期(次年4月16日)以及衰败期(次年5月2日)从各处理随机采集郁金香‘红色印象’的种球,称取种球的第二层鳞片以及茎盘处组织鲜重各0.5 g,迅速放入液氮中处理20 min,然后放入-40 °C低温冰箱内冷藏。待样品全部取好后,从冰箱内取出所有样品

表1 试验设计

Table 1 Design of different treatments

处理代号	处理方法	
	种植前处理	种植后处理
CK	常温球	无处理
T1	5 °C处理球	GA ₃ +6-BA
T2	常温球+GA ₃	GA ₃ +6-BA
T3	常温球	GA ₃ +6-BA

种植前GA₃的处理方法为:用200 mg·L⁻¹ GA₃浸泡种球24 h;种植后GA₃+6-BA处理方法为:从株高5 cm开始,用滴管向花筒内滴入100 mg·L⁻¹ GA₃+25 mg·L⁻¹ 6-BA溶液5 mL,每隔3 d一次,连续3次。

同批处理,加2 mL样品提取液,在冰浴下研磨成匀浆,转入10 mL试管,再用2 mL提取液分次将研钵冲洗干净,一并转入试管中,在4 °C下浸提过夜,离心(2 770×g, 15 min),取上清液备测。重复3次,取平均值。

本试验采用酶联免疫法(ELISA)进行郁金香种球样品内源激素GA₃、IAA和ABA含量的测定(吴颂如等1988),每个样品重复测定3次。激素含量的测定均在中国农业大学农学与生物技术学院化控室完成。

采用Excel软件对试验数据进行处理;采用SPSS 16.0软件对同一取样时间不同处理之间的数据进行方差分析($P<0.05$)。

实验结果

1 处理后种球内源GA₃含量的变化

GA₃是促进植物生长发育的重要内源激素之一,主要集中在植物生长旺盛的部位(何生根等2010)。如图1所示,在栽植期,由于T2于种植前用GA₃溶液浸泡过,因此种球内源GA₃的含量显著高

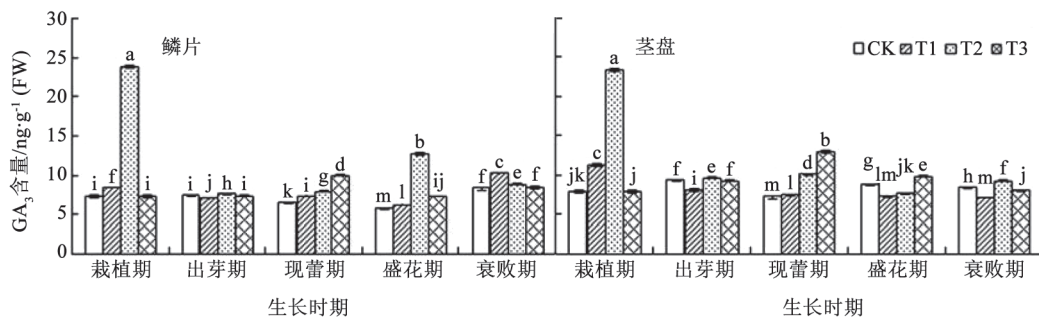


图1 处理后不同生长阶段郁金香‘红色印象’鳞片和茎盘内源GA₃含量变化

Fig.1 Change of endogenous GA₃ contents in scales and basal plates of *Tulipa* ‘Red Impression’ at different growing stages after treatments

于其他处理; T1经过5 °C低温处理, 其内源GA₃含量也高于常温处理的, 说明经过低温处理后种球的内源GA₃含量会增加, 这与GA₃能够弥补低温量不足的结论相符。在出芽期各处理之间GA₃含量略有差异, 但是差别没有后期显著, 说明早期的外源GA₃虽然暂时促进了鳞片和茎盘内部的GA₃含量增加, 但是之后随着植株的生长激素被分解掉, 没有对其后来的生长发育起到显著作用。在现蕾期, T1、T2和T3处理的鳞片和茎盘GA₃含量都明显高于对照, 说明种植后外施生长调节剂对种球内源GA₃含量具有一定的影响。从种植到现蕾期总体说来, 茎盘内的GA₃含量要比鳞片内略高, 说明茎盘比鳞片在植株生长过程中作用更为积极。

2 处理后种球内源IAA含量的变化

IAA具有多种生理作用, 在植物体内分布很广, 尤其是生长旺盛部分含量较高(朱蕙香等2010)。研究认为IAA在郁金香的茎秆伸长以及花朵发育的过程中起着重要的作用(Saniewski和Okubo 1997,

1998a, b; Saniewski等2005)。Xu等(2008)试验证明在郁金香花茎快速伸长的过程中, 顶端节间可能是内源IAA的主要来源。

图2显示, 茎盘内IAA含量明显高于鳞片内, 说明在生育期茎盘内部生理作用更为活跃。从栽植到盛花期, 鳞片内的IAA含量较低且变化较小, 但是茎盘内的含量和变化差异较大。生长期外施了GA₃和6-BA溶液后, 在现蕾期3个处理的IAA含量均明显高于对照, 说明生长调节剂对鳞茎内源IAA含量具有一定的影响, 由此作用于花芽的诱导和花茎的伸长, 这与Saniewski等(2011)的研究结果相符; 无论鳞片还是茎盘, IAA含量在衰败期达到最高值, 证明高浓度的IAA促进了植株的成熟和衰老。

3 处理后种球内源ABA含量的变化

ABA的主要功能是诱导植物在环境胁迫下产生保护反应以维持细胞内的平衡, 同时具有促进根系和芽的生长、调节花期、控制株型等生理活性。图3显示, 在种植时T1经过了低温处理, 其

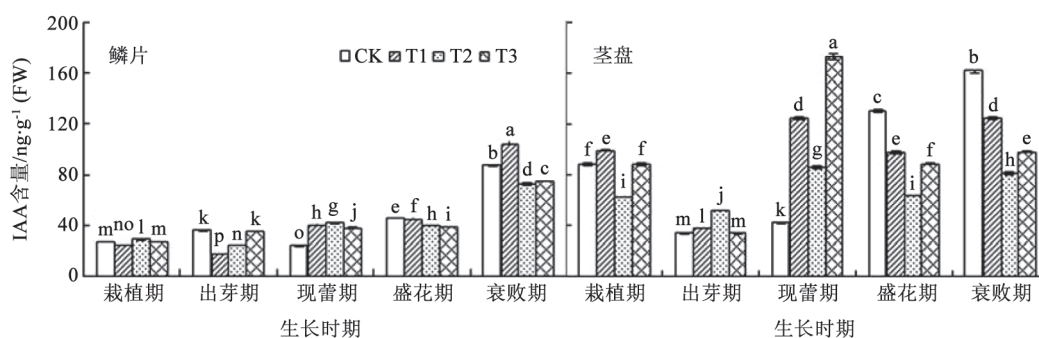


图2 处理后不同生长阶段郁金香‘红色印象’鳞片和茎盘内源IAA含量变化

Fig.2 Change of endogenous IAA contents in scales and basal plates of *Tulipa* ‘Red Impression’ at different growing stages after treatments

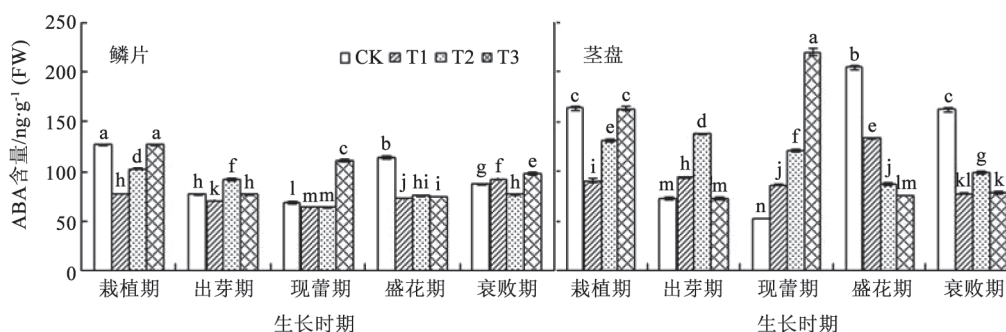


图3 处理后不同生长阶段郁金香‘红色印象’鳞片和茎盘内源ABA含量变化

Fig.3 Change of endogenous ABA contents in scales and basal plates of *Tulipa* ‘Red Impression’ at different growing stages after treatments

ABA含量明显低于常温处理的,这与Kondrat'eva等(2009)的试验结果相符,说明低温过程导致ABA含量下降,有利于激活郁金香的生长发育过程。T2经过GA₃浸泡后ABA含量也低于CK,说明外源GA₃在一定程度上能够弥补低温不足的作用。

在出芽期ABA含量比栽植期有明显降低,这与夏宜平等(2005)的试验结果相一致。在施用外源生长调节剂后T3的ABA含量显著增加,说明其对郁金香的生长发育起到一定抑制作用。茎盘内源ABA含量总体来说高于鳞片内,这与目前公认的ABA主要由根系合成向上运输的理论相符。

4 处理后鳞茎内ABA/GA₃比值的变化

长期以来人们一直在研究植物花芽分化同激素的关系,但是关于激素对花芽形成的机理,目前尚不很清楚,现在大多数学者普遍认为植物的花芽分化并不是由单一的某一种激素所决定的,而是各种激素在时间上、空间上的相互作用产生的综合结果(曲波等2010)。也就是说激素间的平衡比单一

激素的作用更为重要,这种平衡状态,控制着各种营养物质(包括蛋白质、核酸、可溶性糖及淀粉)的代谢而综合影响着植物的成花(王晓冬等2012)。

郁金香‘红色印象’在不同生长阶段鳞片和茎盘中ABA/GA₃比值的变化见图4。由于GA₃的含量相对稳定,因此ABA/GA₃比值变化与ABA的变化趋势较为一致,T2由于在种植前经过GA₃浸泡后其内源GA₃含量明显增高,因此比值为最低,但之后与其他处理较为接近。CK鳞片中的ABA/GA₃比值基本上高于各处理,而茎盘中的比值在出芽期和现蕾期则明显低于各处理,说明鳞片与茎盘的生理作用有所不同。

ABA和GA₃互为拮抗剂,即它们可以减弱或者消除彼此的生理作用(范玉清和车德才1996),因此该比值的高低说明哪一种激素占主导作用。在生长前期施加了外源GA₃和6-BA后,到盛花期的比值处于最高,说明ABA对花朵的开放和衰败起到了更积极的作用。

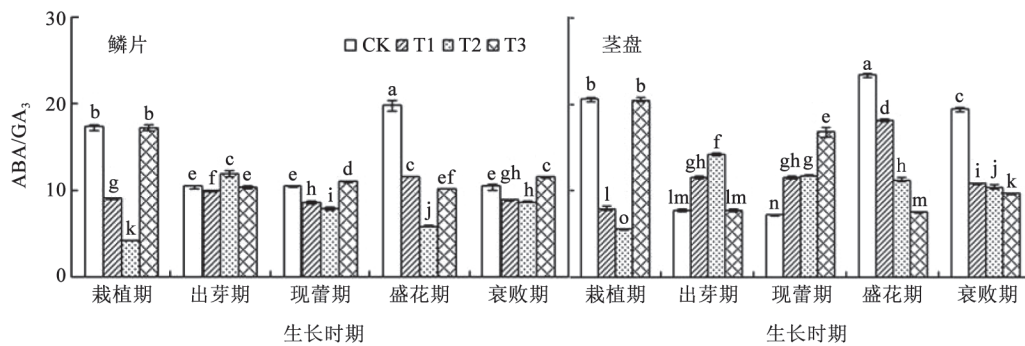


图4 处理后不同生长阶段郁金香‘红色印象’鳞片和茎盘ABA/GA₃比值的变化

Fig.4 Ratio change of ABA/GA₃ in scales and basal plates of *Tulipa* ‘Red Impression’ at different growing stages after treatments

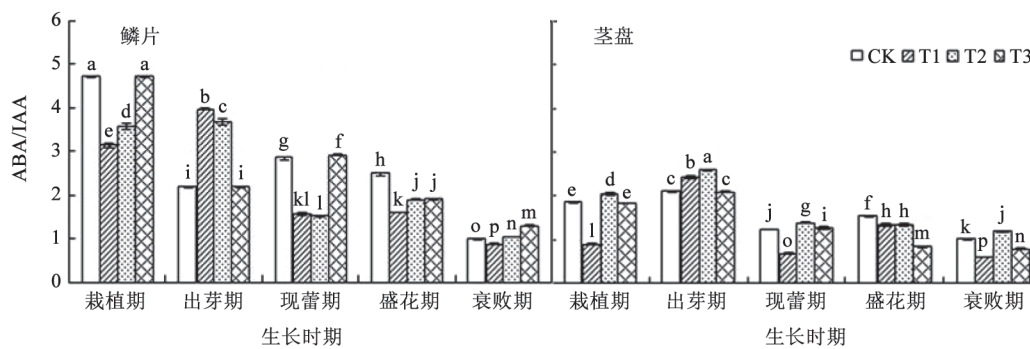


图5 处理后不同生长阶段郁金香‘红色印象’鳞片和茎盘ABA/IAA比值的变化

Fig.5 Ratio change of ABA/IAA in scales and basal plates of *Tulipa* ‘Red Impression’ at different growing stages after treatments

5 处理后鳞茎内ABA/IAA比值的变化

不同生长阶段郁金香‘红色印象’鳞片和茎盘中ABA/IAA比值的变化趋势如图5所示,二者在生长过程中均呈现比值下降的趋势;由于茎盘中IAA含量明显高于鳞片中,因此其比值明显低于鳞片中。从现蕾期开始T1都低于其他处理,说明种植前的低温处理和生长期施加生长调节剂对其内源激素产生了一定影响。

讨 论

内源激素可以影响和有效控制植物生长发育的各个阶段,因此了解郁金香生长发育期间其体内的激素含量变化,对通过外施植物生长调节剂进行花期调控具有重要指导作用。夏宜平等(2005)研究发现在郁金香更新鳞茎发育进程中,叶片中GA₃和IAA含量呈下降趋势,ABA含量则不断增高并在盛花期出现峰值。比较不同生育期的GA₃/ABA比值,在发叶期的叶片和盛花期的更新鳞茎中均出现高比值,表明内源激素的平衡可能是郁金香更新鳞茎发生和发育的调节因子(夏宜平等2005)。本试验结果显示:由于T2在种植前用GA₃溶液浸泡过,因此在栽植期其内源GA₃含量明显升高,ABA含量则低于对照,而低浓度ABA有利于激活郁金香的生长发育进程。在生长期外施GA₃和6-BA后,3个处理在现蕾期GA₃和IAA含量都明显高于对照,说明外施生长调节剂对内源GA₃和IAA含量具有一定的影响。激素平衡方面,从ABA/GA₃的比值看,由于GA₃含量相对稳定,因此该比值变化与ABA含量变化基本一致;而不同处理下鳞片中ABA/IAA比值随着郁金香的生长发育总体上呈下降的趋势,说明激素平衡对郁金香的生长发育起着重要的调节作用。两个结果对比显示郁金香在生长发育过程中,鳞茎内源激素的变化与叶片内源激素的变化是不一样的,GA₃和IAA含量变化出现相反的趋势,推测与生长过程中养分和激素从鳞茎向地上部分转移有关。此外,外施6-BA必然会对植物体内CTK水平产生影响,这在王云莉等(2009)的研究中有所报道,因此在今后的试验中会进一步研究此方面的相关性。

花期调控按作用阶段和方式分为直接调节

(直接作用于花芽分化和发育)与间接调节(作用于植物生长而间接作用于开花)(胡惠蓉等2007)。目前国内外对郁金香花期直接调控的研究较多,但是大都集中在温度调控方面,生长调节剂的应用对花期直接调控作用并不显著,主要因为郁金香的花芽分化在种球收获后不久就已完成,而这之后还要经过一个足够长的低温阶段才能正常生长开花,所以花芽分化的过程很难用外源激素控制。而通过生长调节剂影响郁金香的生长发育进程而间接作用于开花的研究已有一些报道,但是由于所用品种和生长调节剂的种类与浓度不同效果各异,因此,不同基因型品种生长发育过程中内源激素的变化规律及其与花期作用的关系仍需要进一步的研究。

参考文献

- 邓涛(2008). 郁金香新品种引种区试及种球繁育研究[硕士论文]. 杨凌: 西北农林科技大学
- 范玉清, 车德才(1996). 植物五大类激素之间的关系. 陕西师范大学学报(自然科学版), 10 (2): 39-41
- 费砚良, 刘青林, 葛红(2008). 中国作物及其野生近缘植物·花卉卷. 北京: 中国农业出版社, 459-477
- 何生根, 李红梅, 刘伟, 卢少云(2010). 植物生长调节剂在观赏植物上的应用. 北京: 化学工业出版社, 10-19
- 胡惠蓉, 王彩云, 包满珠(2007). 温光处理调控观赏植物花期的研究进展. 园艺学报, 27 (增刊): 522-526
- 彭子模, 李进, 尤努斯·居玛(1996). 植物生长物质与花卉花期的控制. 生物学通报, 31 (10): 7-8
- 曲波, 张微, 陈旭辉, 李楠, 崔娜, 李天来(2010). 植物花芽分化研究进展. 中国农学通报, 26 (24): 109-114
- 王晓冬, 唐焕伟, 曲彦婷(2012). 光照强度对郁金香生长发育和内源激素含量的影响. 北方园艺, (1): 84-86
- 王云莉, 王成荣, 王然, 杨绍兰, 刘宪路(2009). 细胞分裂素类生长调节剂对青花菜采后衰老的影响. 园艺学报, 36 (11): 1619-1626
- 吴颂如, 陈婉芬, 周燮(1988). 酶联免疫法(ELISA)测定内源植物激素. 植物生理学通讯, (5): 53-57
- 夏宜平, 杨玉爱, 杨肖娥, 高晓辰, 李方(2005). 郁金香更新鳞茎发育的碳同化物积累与内源激素变化研究. 园艺学报, 32 (2): 278-283
- 杨玉秀, 孙群, 李学俊, 王翠云(1998). 复合化学制剂对郁金香花期生长和衰老的影响. 西北农业大学学报, 26 (1): 99-103
- 于淑玲, 李瑞国(2005). 郁金香切花栽培新技术. 北方园艺, (2): 31
- 朱惠香, 张宗俭, 张宏军, 陈虎保(2010). 常用植物生长调节剂应用指南. 北京: 化学工业出版社, 10-69
- Kondrat'eva VV, Semenova MV, Voronkova TV, Danilina NN (2009). Changes in the carbohydrate and hormonal status in *Tulipa biflo-*

- riformis* bulbs forced into bloom in a greenhouse and in the open ground. Russ J Plant Physiol, 56 (3): 428~435
- Saniewski M, Okubo H (1997). Auxin induces stem elongation in nonprecooled and precooled derooted and rooted tulip bulbs. J Fac Agr Kyushu Univ, 42 (1~2): 53~61
- Saniewski M, Okubo H (1998a). Effects of 2,3,5-triiodobenzoic acid (TIBA) on stem growth induced by indole-3-acetic acid (IAA) and naphthylacetic acid (NAA) in precooled rooted tulip bulbs. J Fac Agr Kyushu Univ, 43 (1~2): 11~23
- Saniewski M, Okubo H (1998b). Inhibitory effect of naphthylphthalamic acid (NPA) on stem growth induced by auxin in precooled tulip bulbs. J Fac Agr Kyushu Univ, 43 (1~2): 59~66
- Saniewski M, Okubo H, Miyamoto K, Ueda J (2005). Auxin induces growth of stem excised from growing shoot of cooled tulip bulbs. J Fac Agr Kyushu Univ, 50 (2): 481~488
- Saniewski M, Okubo H, Miyamoto K, Ueda J (2011). Stimulatory effect of 2,3,5-triiodobenzoic acid (TIBA) on shoot growth and flowering of partially cooled tulip (*Tulipa gesneriana* L.) bulbs. J Fruit Ornam Plant Res, 19 (2): 149~160
- Xu RY, Niimi Y, Ohta Y, Kojima K (2008). Changes in diffusible indole-3-acetic acid from various parts of tulip plant during rapid elongation of the flower stalk. Plant Growth Regul, 54: 81~88