

赵 凤, 王小乐, 房伟民, 等. 外源激素和温度对切花菊侧芽萌发与内源激素含量的影响[J]. 江苏农业学报, 2018, 34(1): 145-151.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2018.01.021

外源激素和温度对切花菊侧芽萌发与内源激素含量的影响

赵 凤¹, 王小乐¹, 房伟民¹, 张 飞¹, 陈发棣¹, 管志勇¹, 姚建军², 薛建平²

(1. 南京农业大学园艺学院, 江苏 南京 210095; 2. 上海虹华园艺有限公司, 上海 200070)

摘要: 以少侧芽标准型切花菊精の一世为材料, 比较了离体条件下不同部位侧芽的萌发特性, 以及添加外源 NAA、6-BA 和不同温度处理对其侧芽萌发及内源激素的影响。结果表明, 中部茎段侧芽萌发速度快于上部 and 下部, 长枝率从上部至下部逐步提高。上部侧芽 IAA 和 ABA 含量均显著高于中下部; 中部 ZT/IAA 最高, 下部次之, 上部最低, 中下部 ZT/ABA、GA/ABA 均高于上部。外源 NAA 浓度的增加使侧芽萌发率和长枝率降低, 侧芽的 ZT 含量显著下降、IAA 含量显著上升, 而 GA 和 ABA 含量没有显著变化, 导致 ZT/ABA 和 ZT/IAA 显著降低。0.5 mg/L 和 1.0 mg/L 6-BA 处理均促进了侧芽的萌发, 但长枝率明显下降, 侧芽的 ZT 含量显著升高, GA 和 IAA 含量显著下降, 导致 ZT/IAA 显著升高。高温(30 ℃)引起侧芽中 ZT 含量极显著降低, ABA 和 GA 含量显著升高, 使 ZT/ABA、IAA/ABA、ZT/IAA 以及 (GA+IAA+ZT)/ABA 显著降低, 抑制侧芽萌发生长, 而 25 ℃侧芽正常萌发生长。综上所述, 外源激素和温度能对侧芽的萌发生长产生影响, 其中内源激素 ZT/IAA 的变化起着主导作用。因此, 在大量扩繁时应选取萌发率、长枝率高的植株中部或者下部茎段, 且在培养基中添加 0.5 mg/L 的 6-BA, 25 ℃的培养温度, 有助于精の一世快速扩繁。

关键词: 标准切花菊; 侧芽; 萌发; 生长; 激素; 温度

中图分类号: S682.1⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2018)01-0145-07

Effects of hormones and temperature on the lateral buddings and content of endogenous hormones of cut chrysanthemum

ZHAO Feng¹, WANG Xiao-le¹, FANG Wei-min¹, ZHANG Fei¹, CHEN Fa-di¹, GUAN Zhi-yong¹, YAO Jian-jun², XUE Jian-ping²

(1. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Shanghai Honghua Horticulture Co. Ltd., Shanghai 200070, China)

Abstract: With the experimental material of ‘Sei No Issei’, we investigated the characteristics of the axillary buddings at different leaf positions and the effects of exogenous hormones (NAA and 6-BA) and temperatures on the axillary

收稿日期: 2017-06-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(31372092), 上海市种业发展项目[沪农科种字(2016)第 1-14 号], 江苏省农业科技自主创新基金项目[CX(14)2023]

作者简介: 赵 凤(1992-), 女, 湖南常德人, 硕士研究生。研究方向为观赏植物遗传育种和栽培技术。(E-mail) 459163106@qq.com

通讯作者: 房伟民, (E-mail) fangwm@njau.edu.cn

buddings and endogenous hormones of *in vitro* stem. The results showed that the budding speed of the middle stem was higher than that of the upper and the lower part, and the long branches increased from the upper part to the lower part. The content of IAA and ABA in upper stem was much higher than that in the middle and the lower part. The ZT/IAA value of the middle part was the highest, while that of the upper part was lowest. The values of ZT/

ABA and GA/ABA in middle and lower part were higher than those in the upper part. With the increase of the content of exogenous NAA, the lateral budding rate, long branches rate and the endogenous ZT level decreased, the endogenous IAA level raised, and the content of endogenous GA and ABA had no obvious change. As a consequence, the ZT/ABA and ZT/IAA decreased significantly. The lateral buddings rate and the endogenous ZT level increased obviously under the treatment of 0.5 mg/L 6-BA and 1.0 mg/L 6-BA, but the long branches rate and the levels of endogenous GA and IAA reduced significantly, which led to an increase in the ZT/IAA ratio. In addition, high temperature (30 °C) suppressed lateral buddings long branches, and the levels of endogenous ZT significantly, while promoted the endogenous ABA and GA level, thus the ZT/ABA, IAA/ABA, ZT/IAA and (GA+IAA+ZT)/ABA ratios decreased significantly. Whereas, the axillary buds could sport and grow normally at 25 °C. In conclusion, middle and lower stems could be selected for a large-scaled propagation for the 'Sei No Issei', and the 0.5 mg/L 6-BA in medium and 25 °C condition would boost axillary buddings and long branches further.

Key words: standard cut chrysanthemum; lateral bud; germination; growth; hormones; temperatures

菊花(*Chrysanthemum morifolium*)是中国十大传统名花和世界四大切花之一,也是中国主要出口鲜切花,其中单头标准菊是其主要类型^[1]。标准切花菊生产需要大量人工进行侧芽侧蕾的抹除工作,而少侧芽标准切花菊品种的选育与应用可减少该环节工作,节省大量人力物力。但少侧芽品种在繁育阶段也面临母本萌芽少、采穗率低等问题,在高温阶段尤其突出,难以通过扦插的方式大量繁育种苗。因此,研究少侧芽标准切花菊品种的侧芽萌发和生长的调控技术及其机理具有重要的实践和理论意义。

植株侧枝的生长发育与其自身部位、激素和温度有关,如甘蔗中不同部位植株侧芽萌发有显著的差异^[2-3]。而植物激素对侧枝的发育有重要影响,其中,IAA 和 6-BA 是在生产上应用比较广泛的植物生长调节剂,如外源生长素 IAA 可以显著抑制水稻分蘖^[4]和杨树枝条的形成^[5],而 6-BA 能促进梨枝条的发育^[6],也影响苹果幼苗的分枝^[7-8]。此外,植株侧枝发育还与温度有关,如相关实践和李俊香等研究结果均表明,随着温度升高,菊花的侧芽生长加快,但在高温下会受到明显抑制^[9]。目前,植物生长调节剂促进分枝的应用主要集中在果树和大田作物等方面,在菊花的生产上未见报道。切花菊精的一世属于少侧芽标准型切花菊品种,近几年得到了市场的认可并在生产中大量应用,但育苗时也面临侧芽少、采穗率低的问题,在一定程度上限制了它的大量扩繁应用。

本研究主要利用精的一世组培苗,探究不同部位的侧芽发生特点及生长素、细胞分裂素和温度对精的一世侧芽发生与生长的影响,为了解其侧芽萌发生长的调控机制,进而为提高少侧芽菊花品种的

繁殖效率提供技术和理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为标准切花菊品种精的一世无菌苗,来源于南京农业大学中国菊花种质资源保存中心,该品种侧芽萌发量较少。试验所用的试剂 6-苄基腺嘌呤(6-BA)、萘乙酸(NAA)为化学纯,冰醋酸(CH₃COOH)为分析纯,甲醇(CH₃OH)为色谱纯。ZT(玉米素)、GA(赤霉素)、IAA(3-吲哚乙酸)、ABA(脱落酸)为色谱纯。

1.2 试验方法

1.2.1 不同部位的离体茎段侧芽萌发特点 取生长旺盛的组培苗,以 1LB(第一节位)为靠近顶芽向下数的第一片叶子所在的节位,以此类推将其分成上部(1LB 和 2LB)、中部(3LB 和 4LB)和下部(5LB 和 6LB),分别接种到 MS 培养基中,3 次重复,每个重复 5 瓶,每瓶接种 3~4 个茎段,常温下培养。分别在第 7 d、第 14 d、第 21 d、第 35 d 统计组培苗不同部位侧芽萌发(展开 2 片成熟叶)的数目,并计算萌芽率。同时测定 35 d 时侧芽长度、长枝(长度大于等于 1 cm)数目,并计算长枝率(长枝数目除以萌芽数目)。

内源激素测定:35 d 时,取不同位置侧芽,液氮速冻,-80 °C 保存备用。每次取样 9 株,3 次重复。超高效液相色谱(UPLC)法同时测定样品中的 IAA、ZT、GA 和 ABA 含量,测定方法参照侯凯等的方法^[10]。

1.2.2 6-BA 和 NAA 对离体茎段侧芽萌发的影响

取生长旺盛的组培苗中部节位的茎段,在 MS 培养基中分别添加 0.1 mg/L、0.5 mg/L、1.0 mg/L 的

NAA 和 0.5 mg/L、1.0 mg/L、2.0 的 6-BA, MS 培养基为对照, 常温下培养。28 d 后测定茎段侧芽萌发数、畸形(侧芽矮化)数、侧芽长度、长枝数并计算萌芽率(萌芽数/节位数)、畸形率(畸形芽数/节位数)和长枝率, 并取样测定 IAA、ZT、GA 和 ABA 含量, 测定方法同方法 1.2.1。

1.2.3 不同温度对离体茎段侧芽萌发的影响 取生长旺盛的组培苗中部节位的茎段接种到 MS 培养基, 设 4 个温度处理, 分别为昼/夜温 25 °C/20 °C、22 °C/17 °C、28 °C/23 °C、30 °C/25 °C, 其中 25 °C/20 °C 为对照, 光周期为光照 16 h/黑暗 8 h, 光照度为 3 000 lx。每处理 3 次重复, 每重复 3 瓶, 每瓶接 3 个茎段。在处理第 14 d、第 21 d、第 35 d 时分别跟踪调查茎段萌芽数, 并计算萌芽率, 在 35 d 时测定侧芽长度、长枝数目, 计算长枝率, 并测定 IAA、ZT、GA 和 ABA 含量, 测定方法同方法 1.2.1。

1.3 数据与分析

应用 SPASS20.0 和 Microsoft Excel 2007 软件进行数据统计与分析。

2 结果与分析

2.1 精の一世不同部位侧芽萌发特点及其内源激素含量差异

表 1 表明, 精の一世侧芽的萌发速度和生长状况与其部位有关, 中部茎段侧芽萌发速度比上部和下部快, 其中在接种 7 d 时, 中部侧芽的萌芽率达 36%, 上部为 18%, 下部为 10%; 14 d 时, 中部侧芽萌发率也最高, 为 70%; 35 d 时, 上部、中部、下部的侧芽萌发率均达到 100%。而 35 d 时中部和下部的侧芽长度分别为 2.42 cm 和 2.32 cm, 均显著高于上部的 1.32 cm; 长枝率从上部至下部逐步提高, 下部侧芽长枝率最高, 达 98%, 上部侧芽的长枝率最低, 仅为 56%, 说明中部和下部侧芽的质量较上部好。

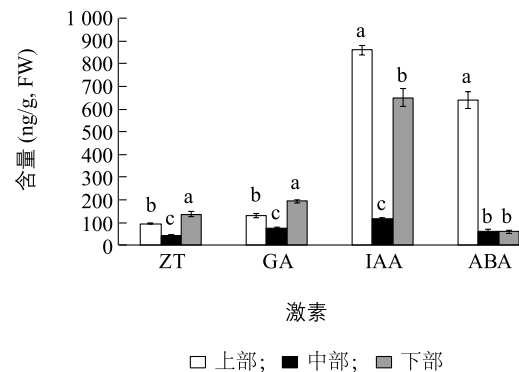
表 1 精の一世不同部位侧芽萌发

Table 1 Axillary buddings at different part of *in vitro* stem of 'Sei No Issai'

部位	萌芽率(%)			侧芽长度 (cm)	长枝率 (%)
	7 d	14 d	35 d		
上部	18b	52b	100a	1.32b	56b
中部	36a	70a	100a	2.42a	72b
下部	10b	67ab	100a	2.32a	98a

同一列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

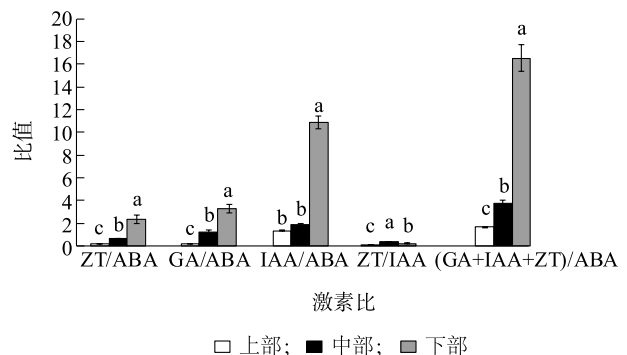
图 1 表明, 不同部位的内源激素含量有显著差异, 上部的 IAA 和 ABA 含量最高, 分别达到 860.58 ng/g 和 639.49 ng/g, 均显著高于中部、下部。而不同部位的 ZT 和 GA 的含量也均有显著差异, 下部最高、中部最低。图 2 表明, 不同部位 ZT/ABA、GA/ABA、IAA/ABA、ZT/IAA 和 (GA+IAA+ZT)/ABA 均有显著差异, 中部 ZT/IAA 最高, 为 0.36, 下部的次之, 为 0.21, 上部最低, 仅为 0.11, 因此中部茎段最易萌发, 而中部、下部 ZT/ABA、GA/ABA、IAA/ABA、ZT/IAA 和 (GA+IAA+ZT)/ABA 均高于上部, 也印证了中部、下部侧芽萌发率、侧芽长度和长枝率均高于上部的现象。



不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

图 1 精の一世不同部位侧芽的内源 ZT、GA、IAA、ABA 含量

Fig.1 The levels of endogenous ZT, GA, IAA and ABA in axillary buds at different part of 'Sei No Issai'



不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

图 2 精の一世不同部位侧芽的内源激素比例

Fig.2 Ratio of different endogenous hormones in axillary buds at different part of *in vitro* stem of cut chrysanthemum 'Sei No Issai'

2.2 不同浓度的 NAA 和 6-BA 对侧芽萌发的影响及对内源激素的影响

表 2 表明, 随着 NAA 浓度的增加, 精の一世侧

芽的萌发率降低,由 83% 下降到 30%;各处理的侧芽长度也显著低于对照,由 1.28 cm 减少到 0.45 cm;侧芽的长枝率也降低,由对照的 50% 下降到 20%。

表 2 不同浓度 NAA 处理对精的一世侧芽萌发的影响

Table 2 Effect of different concentrations of NAA on axillary bud-budings of 'Sei No Issei' stem

NAA 浓度 (mg/L)	萌芽率 (%)	畸形率 (%)	侧芽长度 (cm)	长枝率 (%)
0	83a	11ab	1.28a	50a
0.1	79a	21a	0.69bc	26b
0.5	55b	0b	0.91b	35b
1.0	30c	0b	0.45c	20c

同一列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

表 3 表明, 0.5 mg/L 和 1.0 mg/L 6-BA 均促进了侧芽的萌发, 2.0 mg/L 6-BA 则抑制了侧芽萌发。此外, 1.0 mg/L 和 2.0 mg/L 6-BA 处理的侧芽畸形率均有明显提高, 最高达到 70%。可见, 6-BA 明显抑制了侧芽的生长, 各处理的侧芽长度显著低于对照, 长枝率也随之明显下降。

表 3 不同浓度 6-BA 处理对精的一世侧芽萌发的影响

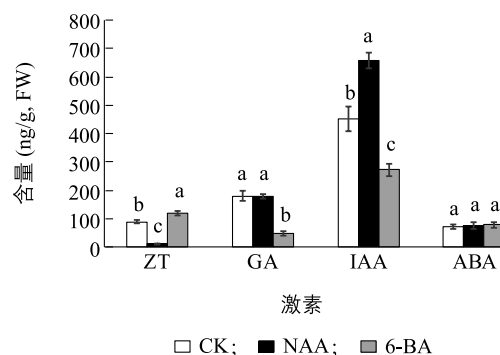
Table 3 Effect of different concentrations of 6-BA on axillary bud-budings of 'Sei No Issei'

6-BA 浓度 (mg/L)	萌芽率 (%)	畸形率 (%)	侧芽长度 (cm)	长枝率 (%)
0	83a	11b	1.28a	50a
0.5	100a	11b	0.63b	5b
1.0	100a	70a	0.54bc	1b
2.0	28b	56a	0.43c	0b

同一列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图 3 表明, 外源 NAA 会引起植物体内 ZT 含量显著下降, 由 89.9 ng/g 下降到 12.5 ng/g, 减少了 86.1%; IAA 含量显著上升, 高达 656.4 ng/g, 增加了 45.8%; 而 GA 和 ABA 含量没有显著变化。而外源 6-BA 主要导致 ZT 含量显著升高, 达 121.2 ng/g; GA 和 IAA 含量显著下降, GA 仅为 50.6 ng/g, 下降了 72.1%, IAA 仅为 273.6 ng/g, 下降了 39.2%。

图 4 表明, 外源 NAA 对内源激素的比例也产生

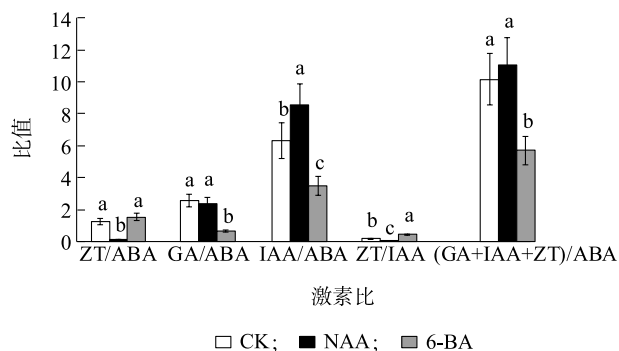


不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图 3 NAA 和 6-BA 处理对精的一世侧芽内源激素含量的影响

Fig.3 Effects of NAA and 6-BA on levels of four endogenous hormones in 'Sei No Issei'

了影响, 生长类激素与抑制类激素 (GA+IAA+ZT)/ABA 比例提高, 达到 11.1, 而生长类激素相对含量的上升可以显著促进侧芽生长; 外源 NAA 处理引起 ZT/ABA 和 ZT/IAA 显著降低, 与对照相比 ZT/ABA 下降了 87.3%, ZT/IAA 下降了 90.5%, 而 IAA/ABA 则有显著提高, GA/ABA 没有显著变化。而外源 6-BA 处理后显著提高了 ZT/IAA, 较对照增加了 120%, ZT/ABA 没有显著变化, 而 GA/ABA、IAA/ABA 均有显著下降。



不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图 4 NAA 和 6-BA 处理对精的一世侧芽四种内源激素比例的影响

Fig.4 Effects of NAA and 6-BA on ratio of four endogenous hormones in 'Sei No Issei'

2.3 不同温度对茎段侧芽萌发生长及内源激素含量的影响

表 4 表明, 温度的升高会显著抑制精的一世离体茎段侧芽的萌发和生长。22 °C 日温时, 茎段在 35

d 的萌发率达 100%,但是侧芽长度比 25 ℃ 显著降低。在超过 25 ℃ 日温后,随着温度的升高,侧芽的萌发率、侧芽长度、长枝率均逐渐降低。而在 30 ℃ 日温培养条件下,茎段在 14 d、21 d、35 d 时萌发率、侧芽长度和长枝率都下降到最低,仅分别为 55%、58%、67%,说明高温显著抑制精の一世侧芽的萌发和生长。

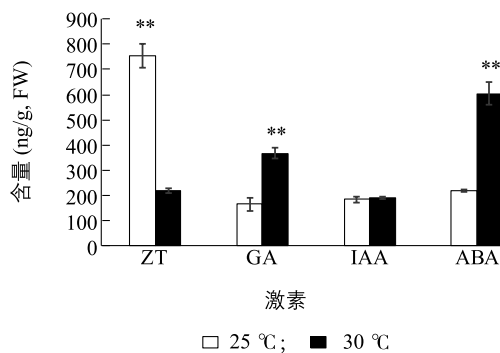
表 4 不同温度处理对精の一世侧芽萌发的影响

Table 4 Effects of temperatures on the axillary buddings of 'Sei No Issei'

温度 (℃)	萌芽率(%)			侧芽长度 (cm)	长枝率 (%)
	14 d	21 d	35 d		
22	68b	92a	100a	1.65b	88a
25	83a	92a	100a	2.08a	92a
28	71b	75b	79b	1.88a	89a
30	55c	58c	67c	1.37c	77b

同一列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图 5 表明,与 25 ℃ 对照相比,30 ℃ 高温使侧芽 ZT 极显著降低,仅为 219.2 ng/g,FW,降低了 80.9%;而 GA 和 ABA 极显著升高,GA 增加了 1.21 倍,达 367 ng/g,FW,ABA 增加了 1.75 倍,达 603.5 ng/g,FW,IAA 则没有显著变化。



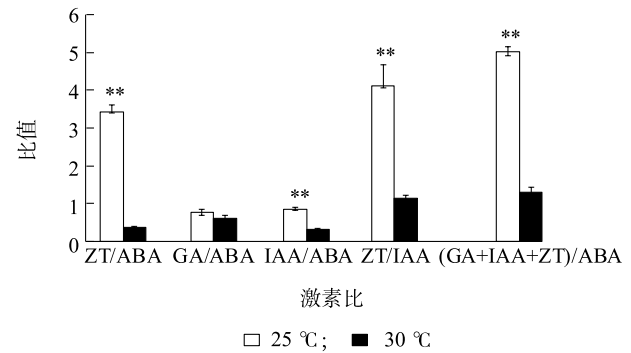
* 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平差异显著。

图 5 不同温度处理对精の一世侧芽四种内源激素含量的影响

Fig.5 Effects of different temperatures on the level of four endogenous hormones in 'Sei No Issei'

图 6 表明,高温使 ZT/ABA、IAA/ABA 以及 ZT/IAA 极显著降低,从而使生长促进类激素和生长抑制类激素比值 (GA+IAA+ZT)/ABA 极显著降低,由 5.03 降低到 1.29,而 GA/ABA 没有显著变

化。生长促进类激素和生长抑制类激素的比例极显著降低是引起 30 ℃ 高温抑制侧芽萌发和生长的内在原因。



* 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平差异显著。

图 6 不同温度处理对精の一世侧芽四种内源激素比例的影响

Fig.6 Effects of different temperatures on the ratio of four endogenous hormones in 'Sei No Issei'

3 讨论

植株侧芽的萌发与生长受到侧芽中内源激素含量和激素间比例的变化调控,而侧芽的不同部位、外源激素和外界温度等均影响内源激素的变化。

激素是调控侧芽萌发的主要因素,抑制生长素的极性运输,能促进植株侧芽的生长^[11-12],而 CTK (细胞分裂素)能促进侧芽生长,从而抑制植株侧芽内 IAA 的合成及向外运输^[13-14],赤霉素则能协同细胞分裂素共同促进植株侧芽的生长^[15]。高贵宾等^[16]对美丽箬竹盆栽苗地下茎侧芽萌发特征研究发现,IAA、GA 对侧芽发笋影响比较大。本试验中,上部侧芽 IAA 和 ABA 含量均显著高于中下部,且中部 ZT/IAA 最高,下部次之,上部最低,较高的 ZT/IAA 比值会促进侧芽的萌发生长,这从精の一世离体茎段上部侧芽的萌发与伸长受到抑制,中部的萌发率和长枝率均高于上部的结果也得到了印证,这与肖关丽等^[2]在甘蔗离体茎段的研究一致。

施用外源 IAA 和 6-BA 会对植株侧枝的生长发育产生影响。刘凯等^[5]用 0.01 mg/L IAA 喷施杨树,可以明显抑制杨树枝条的形成;张庆伟等^[7]发现喷施 500 mg/L 6-BA 能有效促进苹果幼苗分枝。本研究发现,一定浓度的外源生长素 NAA 抑制了精の一世侧芽的萌发生长,0.5 mg/L 6-BA 则促进侧

芽的萌发,而 1.0 mg/L 6-BA 虽能促进侧芽萌发生长,但侧芽畸形率增加。外源激素会引起植株体内内源激素含量发生变化,从而影响植株的分枝发育,并且影响侧芽与侧枝的形成^[17-18]。Kalousek 等^[19]发现细胞分裂素对生长素的合成与运输有重要影响,从而通过生长素的合成与运输来调控侧芽的萌发生长;刘杨等^[20]认为,外源 GA₃和 NAA 提高了分蘖节中 ABA 的含量从而抑制分蘖节的生长;蔡铁等^[21]认为外源激素主要通过影响内源 IAA、ZT 含量以及 IAA/ZT 和 ABA/ZT 来影响分蘖芽的生长进而调控小麦分蘖的发生。本试验发现精的一世侧芽的形成并不是受外源单一某种激素的影响,而是受多种激素相互作用的影响,外源 NAA 处理引起 ZT/ABA 和 ZT/IAA 显著降低,ZT/ABA 降低则会抑制侧芽的发生,这与刘杨^[20]、蔡铁^[21]的研究结果一致;外源 6-BA 处理菊花试管苗中 ZT/IAA 上升,GA/ABA、IAA/ABA 显著下降,而 ZT/IAA 的上升和 GA/ABA 的下降则会导致侧芽的发生与生长,这与 Miguel 等^[17]、Kalousek 等^[19]和黄坚钦等^[22]的研究结果一致。

精的一世在常温下侧芽正常萌发生长,30 ℃高温抑制了侧芽的萌发生长,表明精的一世侧芽的萌发生长与外部环境温度相关。这与李俊香等^[9]发现随着温度升高,深志的侧芽在高温 33 ℃下会受到明显抑制的结果相同,Schoellhorn 等^[23]、Huh 等^[24]在菊花上的研究结果也类似。

温度会引起植株体内内源激素含量发生变化,从而影响植株的分枝发育。李俊香等^[9]研究结果表明,温度可能通过影响深志茎尖中 ZR 含量及 IAA/ZR 值调控其侧芽的形成^[9]。本试验中,对内源激素含量的测定发现,30 ℃高温下侧芽中 ZT 的含量极显著降低,GA 和 ABA 含量极显著升高,引起 ZT/IAA 显著降低。由此推测,温度主要是通过影响内源细胞分裂素与生长素的含量与比例影响侧芽的萌发生长。同时本研究还发现生长促进类激素和生长抑制类激素比例(GA+IAA+ZT)/ABA 的降低抑制了侧芽的萌发生长,表明侧芽的萌发生长可能是几种激素共同调控的结果。

综上所述,选择植株中部或下部茎段、添加 0.5 mg/L 6-BA,25 ℃左右的培养温度有利于精的一世离体侧芽萌发和生长。当然,由于菊花侧芽的萌发与生长受到多种因素的影响,各种因素复合处理对

侧芽萌发生长的影响还需要进一步的研究。

参考文献:

- [1] 陈俊愉. 园林植物品种分类学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [2] 肖关丽,杨清辉,李富生,等. 甘蔗腋芽液体培养萌发与内源激素关系[J]. 西南农业大学学报,2001,23(6): 538-541.
- [3] DOMAGALSKA M A, LEYSER O. Signal integration in the control of shoot branching [J]. Nature Reviews Molecular Cell Biology, 2011,12: 211-221.
- [4] 蔡 铁,徐海成,尹燕桦,等. 外源 IAA、GA₃和 ABA 影响不同穗型小麦分蘖发生的机制 [J]. 作物学报,2013,39(10): 1835-1842.
- [5] 刘 凯,余 敏,陈海燕,等. 外源 IAA 和 GA₃对杨树应拉木形成的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2016,44(3):125-132.
- [6] 郑传亮,张 琦. 6-BA 和 GA 对新梨七号芽体抽枝能力的影响 [J]. 新疆林业,2013(6):21-22.
- [7] 张庆伟,宋春晖,刑利博. 6-BA 和 GA4+7 喷施处理及其他措施促进长富 2 号苹果幼苗分枝的效果[J]. 果树学报,2011,28(6): 1071-1076.
- [8] 王东洪. 不同种源山桐子冬芽休眠的温度特性研究[D]. 郑州: 河南农业大学,2012.
- [9] 李俊香,温 超,刘凤荣,等. 温度对切花菊‘深志’侧芽形成的影响[J]. 中国农业大学学报,2014,19(1): 74-79.
- [10] 侯 凯,陈郡雯,申 浩,等. 川白芷内源激素的提取纯化和高效液相色谱法同步测定 [J]. 核农学报,2013,27(5): 653-657.
- [11] STIRNBERG P, CHATFIELD S P, LEYSER H M O. AXR1 bud growth in *Arabidopsis* acts after lateral bud formation to inhibit lateral bud growth in *Arabidopsis* [J]. Plant Physiology, 1999, 121: 839-847.
- [12] REDDY S K, FINLAYSON S A. Phytochrome B promotes branching in *Arabidopsis* by suppressing auxin signaling [J]. Plant Physiology, 2014,164: 1542-1550.
- [13] 李春俭. 植物激素在顶端优势中的作用 [J]. 植物生理学通讯,1995,31(6): 401-406.
- [14] 李春俭. 乙烯在豌豆植株顶端优势中的作用 [J]. 植物生理学报,1997,23(3): 283-287.
- [15] NI J, GAO C C, CHEN M S, et al. Gibberellin promotes shoot branching in the perennial woody [J]. Plant Cell and Physiology, 2015,56(8): 1655-1666.
- [16] 高贵宾,潘雁红,吴志庄,等. 美丽箬竹盆栽苗地下茎侧芽萌发

- 特征研究 [J]. 植物科学学报, 2016, 34(3): 460-468.
- [17] MIGUEL L C, LONGNECKER N E, MA Q, et al. Branch development in *Lupinus angustifolius* L. I. Not all branches have the same potential growth rate [J]. Journal of Experimental Botany, 1998, 49(320): 547-553.
- [18] EMERY R J N, LONGNECKER N E, ATKINS C A. Branch development in *Lupinus angustifolius* L. II. Relationship with endogenous ABA, IAA and cytokinins in axillary and main stem buds [J]. Journal of Experimental Botany, 1998, 49(320): 555-562.
- [19] KALOUSEK P, BUCHTOVÁ D, BALLA J, et al. Cytokinins and polar transport of auxin in axillary pea buds [J]. Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 2010, 54(4): 79-87.
- [20] 刘 杨, 丁艳锋, 王强盛, 等. 植物生长调节剂对水稻分蘖芽生长和内源激素变化的调控效应 [J]. 作物学报, 2011, 37(4): 670-676.
- [21] 蔡 铁, 徐海成, 尹燕桦, 等. 外源 IAA、GA₃ 和 ABA 影响不同穗型小麦分蘖发生的机制 [J]. 作物学报, 2013, 39(10): 1835-1842.
- [22] 黄坚钦, 刘 力, 章滨森, 等. 雷竹地下鞭侧芽内源激素的动态变化研究 [J]. 林业科学, 2002, 38(3): 38-41.
- [23] SCHOELLHORN R K, BARRETT J E, BARTUSKA C A, et al. Elevated temperature affects axillary meristem development in *Derdrarzhema* × *grandiflorum* 'Improved Mefo' [J]. Hort Science, 2001, 36(6): 1049-1052.
- [24] HUH Y J, LIM J H, PARK S K, et al. Endogenous indole-3-acetic acid and transzeatin ribosides in relation to axillary bud formation in standard chrysanthemum [J]. Horticulture Environment and Biotechnology, 2011, 52(2): 128-132.

(责任编辑:陈海霞)