

植物生长调节剂 TDZ 对‘索邦’百合果实生长发育的影响

李改丽, 张延龙*, 牛立新

(西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌 712100)

摘 要: 以东方百合‘索邦’(*Lilium Oriental Hybrids ‘Sorbonne’*)为试材, 开花初期用不同浓度的植物生长调节剂噻重氮苯基脲(thidiazuron, TDZ)对植株喷洒处理, 观测其对坐果率、果实生长及种子发育的影响; 对百合幼果胞壁转化酶(cell wall-bound invertase)活性、叶片叶绿素含量及净光合速率进行了测定。结果表明: 外源 TDZ 对百合果实生长发育及种子形成有显著促进作用; 能够显著提高幼果胞壁转化酶活性、叶片叶绿素含量及净光合速率, 对百合果实生长发育有促进作用。与对照相比, TDZ 各处理在早期(10 d)时对果实膨大影响的差异表现较小, 到 30 d 时差异达到最大; 以 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ TDZ 处理效果最佳, 其果实横、纵径分别是对照的 1.75 和 1.23 倍, 坐果率比对照提高 75.22 个百分点, 有胚种子率比对照提高 65.31 个百分点, 单果有胚种子数为对照的 12.89 倍, 单果种子质量为对照的 21.87 倍。

关键词: 百合; TDZ; 胞壁转化酶; 果实; 种子

中图分类号: S 682.2

文献标志码: A

文章编号: 0513-353X (2013) 02-0299-08

Effect of Thidiazuron on Fruit Growth and Development of *Lilium Oriental Hybrids ‘Sorbonne’*

LI Gai-li, ZHANG Yan-long*, and NIU Li-xin

(College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: It was investigated for the effects of thidiazuron (TDZ) by folia spray treatments with different concentrations on the development of the fruits and seeds of *Lilium Oriental Hybrids ‘Sorbonne’* at its primary flowering date. The fruit sizes, fruit and seed setting rates were measured in different development stages. At the same time, it was detected for cell wall-bound invertase activity of fruits, chlorophyll content and net photosynthesis rate of leaves. The results showed that exogenous TDZ played a significant role in promoting the fruit expansion and seed maturity, which had a close correlation with TDZ concentrations and treating time, especially the treatment with $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ TDZ performed most prominent outcome until 30 days later. Furthermore, exogenous TDZ increased the cell wall-bound invertase activity, total chlorophyll content and net photosynthesis rate, and consequently improved the development of the fruit and its seeds of lily cultivar ‘Sorbonne’. Compared with control group, it was less for the difference of the TDZ effect on the fruit development at the early stage (10 days) after spray and

收稿日期: 2012-08-13; 修回日期: 2012-12-31

基金项目: 公益性行业(农业)项目(200903020)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: zhangyanlong@nwsuaf.edu.cn)

it get more and more in the coming days and performed significant different at 30 days. The spray treatment with $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ TDZ was optimal that could improve the fruit transverse, longitudinal diameter by 1.75 and 1.23 times respectively; That fruit setting rate and seed rate with embryo were increased by 75.22% and 65.31% respectively, and that the plump seed number and weight per fruit were as high as 12.89 and 21.87 times of the control respectively.

Key words: *Lilium*; TDZ; cell wall-bound invertase; fruit; seed

‘索邦’百合 (*Lilium* Oriental Hybrids ‘Sorbonne’) 是世界著名切花百合品种, 属东方百合杂种系 (乔永旭 等, 2009), 其观赏价值极高, 但育性较差, 难以得到发育正常的种子 (李守丽 等, 2006), 如能够提高‘索邦’百合的结实率, 将对其作为杂交育种亲本有着重要作用。

前人研究发现, 6-BA、NAA 等植物生长调节剂能在一定程度上促进百合果实发育 (Matsubara, 1973), 但种子形成率低。TDZ (thidiazuron, 化学名为 N - 苯基 - N' - 1,2,3 - 噻二唑, 简称噻重氮苯基脲) 是一种高效植物生长调节剂, 具有生长素和细胞分裂素的双重功能, 其细胞活性高出一般细胞分裂素百倍, 现已广泛应用于植物组织培养中 (徐晓峰和黄学林, 2003)。近年来有研究发现, TDZ 能够促进李、杏等植物花器官发育及子房膨大 (Horacio, 2000; Campoy et al., 2010); 对龙眼、猕猴桃的坐果及果实膨大 (Famiani et al., 2002; Xie et al., 2009) 有促进作用; 在水稻种子中影响同化物的积累 (Zhang et al., 2010)。

有研究 (周蕾 等, 2006; Ruan et al., 2010) 认为, 影响植物糖代谢的一种关键酶——细胞壁转化酶 (cell wall-bound invertase), 对植物果实及种子的生长发育有重要作用; 同时有人发现, 细胞分裂素可通过诱导细胞壁转化酶的表达, 来调控叶片光合同化物的分配及运输, 使得叶片中叶绿素含量长时间维持在较高水平 (Balibrea et al., 2004; Cho et al., 2005)。但细胞壁转化酶的活性是否受外源 TDZ 的影响, 迄今还未见报道。

本研究中应用外源 TDZ, 通过对‘索邦’百合幼果细胞壁转化酶活性、叶片叶绿素含量及净光合速率等生理指标测定, 以及对果实和种子生长发育状况的观测, 探讨 TDZ 在百合果实和种子生长发育中的作用, 寻找有效提高百合结实率的化控方法, 以期百合杂交育种中克服结实率低的难题提供技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料与 TDZ 处理

试验于 2011 年 4—10 月在西北农林科技大学玻璃温室内进行。选择生长基本一致, 蕾数相近的‘索邦’ (‘Sorbonne’) 百合植株为试材。所用试剂 TDZ 购自 Sigma 公司。

于开花初期 (以每株首朵花开时间为准), 用不同浓度的 TDZ (10 、 100 、 200 、 $400 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) 进行整株喷洒处理, 喷施量为每株 20 mL 左右, 以清水作对照。每个处理 10 株, 重复 3 次。

1.2 子房 (幼果) 细胞壁转化酶活性的测定

TDZ 处理后 1、3、5、7 d 时, 于采样当日上午 9:30—10:30, 各处理的每个重复随机抽选 1 株, 取其第 1 朵花的子房 (幼果), 铝箔纸封存并标记后立即放入液氮, 随后转入 -80°C 超低温冰箱中保存备用。

子房（幼果）细胞壁转化酶的提取及活性测定参照吴正景（2007）的方法，每份样品所用百合子房（幼果）0.2 g（开花当天子房质量约为 1 g），测定重复 3 次。

酶的提取：取 0.2 g 待测百合子房（幼果），加入 1 mL 提取缓冲液[50 mmol·L⁻¹ Hepes-KOH (pH 8.3)，2 mmol·L⁻¹ EDTA，2 mmol·L⁻¹ EGTA，1 mmol·L⁻¹ MgCl₂，1 mmol·L⁻¹ MnCl₂，6 mmol·L⁻¹ DTT]，冰浴匀浆后，在 15 000 r·min⁻¹ 4℃离心 10 min，弃上清液，将沉淀用 0.5 mL 提取液再提取 1 次，弃上清液，并保留沉淀。再将沉淀用 500 μL pH 4.5 的醋酸钠缓冲液悬浮，37℃水浴中保育 30 min 后，立即用冰水冷却以终止反应。在 15 000 r·min⁻¹ 4℃离心 10 min 后，将上清液倒入另一 Eppendoff 管，此液即为胞壁转化酶提液。

酶活性测定：取 100 μL 酶提液加入 400 μL pH 4.5 醋酸钠缓冲液，再加入 500 μL DNS 试剂，混匀后沸水浴反应 10 min，冰水冷却，于 560 nm 波长下比色。另取 100 μL 酶提液沸水浴 10 min，其余步骤同上，作为对照。根据反应所产生的还原糖量、反应时间、样品量计算胞壁转化酶的活性 (μmol·min⁻¹·g⁻¹)。

1.3 净光合速率及叶绿素含量的测定

TDZ 处理后的 1、3、5、7 d 上午 9:30—10:30，用 LI-COR 公司生产的 LI-6400R 便携式光合仪测定其净光合速率。各处理的每一重复随机选取 1 株，每株选取中部的功能叶两片，重复测定 3 次。

将测定光合速率的样叶采摘后继而测定叶绿素含量（高俊风，2000）。

1.4 果实生长发育的调查

TDZ 处理后 10、15、30 d，于上午 9:30—10:30，各处理的每一重复随机选取 4 株百合，用电子游标卡尺，测量（非破坏性）每株第 1 朵花的果实横径和纵径，并计算各处理的坐果率。

坐果率 (%) = (观测当日单株正常生长膨大的果实数 / 单株花朵总数) × 100。

1.5 种子生长情况的调查统计

每个处理随机选取 10 株百合，标记并观测每株第 1 朵花，在处理 80 d 以后，当果皮变黄时，采摘果实，调查每个果实中有胚种子数和败育种子数，同时称其质量。

计算有胚种子率 (%) = [有胚种子数 / (单果有胚种子数 + 败育种子数) / 单果数] × 100。

1.6 数据处理

运用 SPSS (17.0 中文版) 及 Microsoft Office Excel 2003 软件，采用新复极差法分析处理试验数据。

2 结果与分析

2.1 TDZ 处理对百合幼果细胞壁转化酶活性的影响

如图 1 所示，对百合植株喷施 TDZ 后与对照相比，不同浓度 TDZ 处理均可显著提高百合幼果中细胞壁转化酶的活性，而且随着 TDZ 浓度的增加，对细胞壁转化酶活性的提高程度也在相应增加，但浓度达到 400 μmol·L⁻¹ 时，相应酶活性不再增加，和 200 μmol·L⁻¹ 处理没有差异。在 TDZ 处理后 1~7 d 内，到 3 d 时幼果细胞壁转化酶活性达到最大。

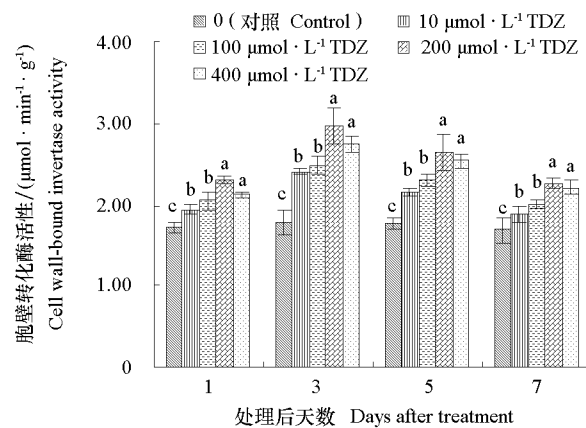


图1 不同浓度 TDZ 处理后‘索邦’百合幼果细胞壁转化酶活性的变化

Fig. 1 The changes of cell wall-bound invertase activity in the young fruit of ‘Sorbonne’ by spray of TDZ with different concentration

2.2 TDZ 处理对百合叶绿素含量及净光合速率的影响

随着 TDZ 处理浓度的增加，百合叶片的叶绿素含量随之升高；当 TDZ 浓度超过 200 和 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，叶绿素含量增加不明显（图 2）。叶片叶绿素含量在处理后的第 3 天时达到最高，这与细胞壁转化酶的变化趋势一致。

TDZ 处理后，百合植株净光合速率明显提高，当浓度达到 200 和 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，净光合速率已达到较高水平（图 2）。净光合速率在处理后的第 5 天最高，第 7 天开始表现下降。

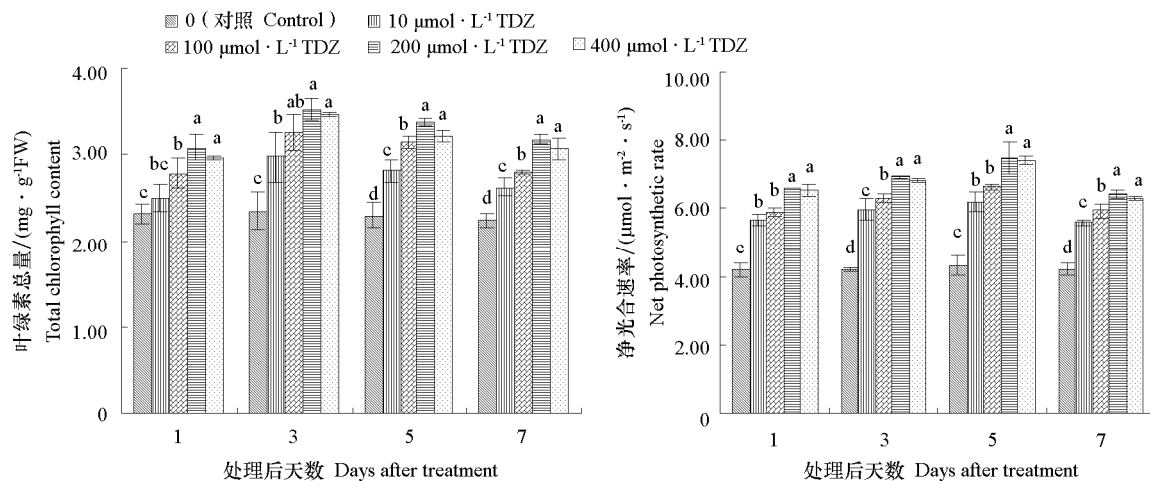


图2 不同浓度 TDZ 处理后‘索邦’百合叶片叶绿素量和净光合速率的变化

Fig. 2 The changes of total chlorophyll content and net photosynthesis rate in leaves of ‘Sorbonne’ by spray of TDZ with different concentration

2.3 TDZ 处理对百合果实大小及坐果率的影响

从表 1 可以看出，百合植株喷施 TDZ 处理后早期（10 d 时），不同浓度 TDZ 处理对果实横、纵

径增长效果有所不同,对纵径生长影响差异表现不显著,但对横径生长的影响却表现出一定差异,200 和 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理已与其它处理相比已表现出差异。之后随着处理天数的增加,在横径和纵径生长方面的差异表现也相应增大,TDZ 处理 30 d 时,对果实纵、横径间生长的影响趋于稳定,且各个处理间差异程度达到最大(图 3),其中 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理的果实体积达到最大。

TDZ 处理对坐果率的影响表现为,在处理早期的影响差异较小,但随着果实生长发育进程的推进,各处理对百合果实坐果率差异表现越来越明显,而且浓度大小对坐果率也有显著影响,200 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ TDZ 处理对提高‘索邦’百合果坐果率效果最佳,达到 96.43%(表 1),是对照的 4.55 倍。虽然可使果实体积生长最大的较高浓度是 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ TDZ,但对百合果实坐果率提高作用却没有 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理高,坐果率仅为 78.95%。

表 1 TDZ 处理后‘索邦’百合果实大小及坐果率的变化

Table 1 The variation of the fruit size and fruit set rate of *Lilium* Oriental Hybrids ‘Sorbonne’ after TDZ treatment

TDZ/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	10 d			15 d			30 d		
	横径/mm Transverse diameter	纵径/mm Longitudinal diameter	坐果率/% Fruit setting rate	横径/mm Transverse diameter	纵径/mm Longitudinal diameter	坐果率/% Fruit setting rate	横径/mm Transverse diameter	纵径/mm Longitudinal diameter	坐果率/% Fruit setting rate
0 (对照 Control)	6.20 \pm 0.15b	33.02 \pm 1.21a	90.91	7.14 \pm 0.32b	34.41 \pm 1.09b	33.33	9.72 \pm 0.55c	37.18 \pm 3.17c	21.21
10	6.37 \pm 0.38b	34.51 \pm 2.50a	92.87	7.61 \pm 0.51b	35.35 \pm 2.51b	71.43	12.95 \pm 0.47b	38.75 \pm 3.16c	35.71
100	6.57 \pm 0.16b	34.89 \pm 1.73a	100.00	9.10 \pm 0.83a	36.52 \pm 3.46ab	92.85	13.98 \pm 0.51b	40.54 \pm 2.09bc	85.71
200	7.89 \pm 0.41a	35.75 \pm 1.95a	100.00	10.16 \pm 0.81a	41.54 \pm 2.04a	100.00	17.01 \pm 0.53a	45.60 \pm 2.42ab	96.43
400	7.96 \pm 0.37a	36.02 \pm 3.26a	100.00	10.24 \pm 0.57a	41.67 \pm 3.94a	89.47	17.19 \pm 0.54a	46.15 \pm 1.60a	78.95

注：邓肯氏新复极差法，数据以“平均值 \pm 标准差”表示。同列数据后标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Duncan's new multiple range method, datas are indicated as mean \pm standard deviation in the table. The values with the different lowercase in the same column have significant difference at 0.05 level ($P < 0.05$).

2.4 TDZ 对种子生长发育的影响

喷施外源 TDZ 后,对所得百合种子的统计结果(表 2)表明:随着 TDZ 处理浓度的增加,平均单果中种子数量及质量都随之增加;但是当 TDZ 处理浓度达到 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,种子的生长发育状况不如 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理,说明 TDZ 处理浓度过高,反而会在一定程度上抑制百合种子的生长发育。当 TDZ 浓度为 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,单个果实的有胚种子率、有胚种子数量及质量都达到最高,其中有胚种子率高出对照 65.31 个百分点,有胚种子数是对照的 12.89 倍,质量是对照的 21.87 倍。外源 TDZ 对百合种子的形成和发育有一定促进作用(图 4)。

表 2 TDZ 对‘索邦’百合种子的影响

Table 2 Effects of TDZ on seed of *Lilium* Oriental Hybrids ‘Sorbonne’

TDZ/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	花朵数 Number of flowers	蒴果数 Number of capsules	有胚种子/果 Seeds with embryos per capsule		败育种子/果 Abortive seeds per capsule		胚种子率/% Embryos rate of seed
			种子数 Number of seeds	质量/mg Weight	种子数 Number of seeds	质量/mg Weight	
0 (对照 Control)	10	2	19	44.11	254	17.58	6.96
10	10	3	42	133.25	262	32.66	13.82
100	10	8	101	335.52	234	37.11	30.15
200	10	9	245	964.85	94	57.52	72.27
400	10	7	201	739.25	163	62.38	55.22

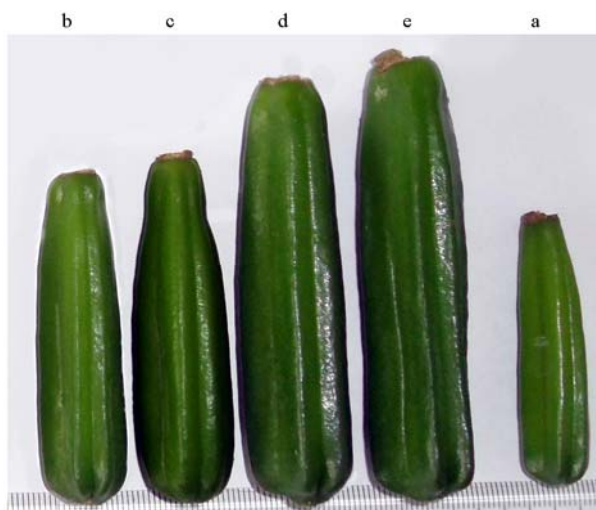


图 3 TDZ 处理后 30 d ‘索邦’ 百合的果实

Fig. 3 The fruit of *Lilium* Oriental Hybrids ‘Sorbonne’ in 30 days after TDZ treatment

a. 0 (对照 Control); b. $10 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ TDZ; c. $100 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ TDZ; d. $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ TDZ; e. $400 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ TDZ.



图 4 TDZ 处理后 ‘索邦’ 百合的成熟果实 (A)、饱满 (有胚) 种子 (B) 和败育种子 (C)

Fig. 4 The maturity capsule (A), seeds with visible embryos (B) and abortive seeds without visible embryos (C) of *Lilium* Oriental Hybrids ‘Sorbonne’ with the spray of TDZ at the primary flowering time

a. 0 (对照 Control); b. $10 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ TDZ; c. $100 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ TDZ;
d. $200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ TDZ; e. $400 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ TDZ.

3 讨论

外源 TDZ 对植物果实及种子生长发育有显著地促进作用, 相关研究已经在龙眼 (Xie et al., 2009) 和水稻 (Zhang et al., 2010) 上有所报道。本研究在百合上进行的试验, 进一步证明了 TDZ 的普

适性。至于 TDZ 的作用机理, Balibrea 等(2004)认为外源 TDZ 处理提高了叶片细胞壁转化酶活性, 改变源库关系, 抑制叶片衰老; 而 Genkov 等(1997)和吴绪东等(2010)研究认为, TDZ 通过调控植物叶片中叶绿素合成酶及其他相应蛋白的合成, 促进叶绿素合成及光合作用。

本试验中应用外源 TDZ 可显著提高百合幼果内细胞壁转化酶活性、叶片叶绿素含量及净光合速率, 且这 3 个生理指标之间存在显著正相关, 百合幼果细胞壁转化酶活性与叶片叶绿素含量、净光合速率均呈显著正相关(0.853、0.712), 明显表现出外源 TDZ 能够增加百合叶片叶绿素含量。

对于外源 TDZ 促进百合坐果及结实的原因推测, 可能是幼果中细胞壁转化酶升高, 有利于有机物质的主要运输形式——蔗糖在库器官中卸载, 同时降低了果实中的蔗糖浓度, 加快了光合产物蔗糖向果实和种子运输, 源库关系改变; 另外, TDZ 提高了叶片光合效率, 促进了有机物的合成, 为果实生长和提高坐果率提供了物质基础(源)(Sonnewald et al., 1991; Bussis et al., 1997)。

总之, 通对本试验研究结果分析后认为, 外施 TDZ 可以提高百合幼果期体内的细胞壁转化酶活性, 进而使得源库关系改变, 最终影响其果实生长发育进程, 从而提高坐果率和促进种子发育。因此, 外施 TDZ 可以作为百合杂交育种中提高结实率的一种辅选技术。

References

- Balibrea Lara M E, Gonzalez Garcia M, Fatima T, Ehness R, Lee T K, Tanner W, Roitsch T. 2004. Extracellular invertase is an essential component of cytokinin-mediated delay of senescence. *The Plant Cell*, 16: 1276 – 1287.
- Bussis D, Heineke D, Sonnewald U, Willmitzer L, Raschke K, Heldt H W. 1997. Solute accumulation and decreased photosynthesis in leaves of potato plants expressing yeast derived invertase either in the apoplast, vacuole or cytosol. *Planta*, 202: 126 – 136.
- Campoy J A, Ruiz D, Egea J. 2010. Effects of shading and thidiazuron + oil treatment on dormancy breaking, blooming and fruit set in apricot in a warm-winter climate. *Scientia Horticulture*, 125 (3): 203 – 210.
- Cho J I, Lee S K, Ko S H, Kim H K, Jun S H, Lee Y H, Bhoo S H, Lee K W, An G H, Hahn T R. 2005. Molecular cloning and expression analysis of the cell-wall invertase gene family in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Cell Rep*, 24: 225 – 236.
- Famiani F, Battistelli A, Moscatello S, Boco M, Gardi T, Proietti S, Antognozzi E. 2002. Thidiazuron increases current-year fruit size and production in *Actinidia deliciosa* without decreasing return bloom. *J Hort Sci Biotechnol*, 77 (1): 116 – 119.
- Gao Jun-feng. 2000. Plant physiology experiment. Beijing: World Publishing Corporation. (in Chinese)
- 高俊风. 2000. 植物生理学实验技术. 北京: 世界图书出版公司.
- Genkov T, Tsoneva P, Ivanova I. 1997. Effect of cytokinins on photosynthetic pigments and chlorophyllase activity in *in vitro* cultures of axillary buds of *Dianthus caryophyllus* L. *Journal of Plant Growth Regulation*, 16 (3): 169 – 172.
- Horacio A R. 2000. Thidiazuron, flower budbreak and ovary dimensions in Japanese plum (*Prunus salicina* L.). *Agrociencia*, 34 (3): 321 – 328.
- Li Shou-li, Shi Lei, Zhang Jin-zheng, Long Ya-yi. 2006. Recent advances in lily breeding. *Acta Horticulturae Sinica*, 33 (1): 203 – 210. (in Chinese)
- 李守丽, 石 雷, 张金政, 龙雅宜. 2006. 百合育种研究进展. *园艺学报*, 33 (1): 203 – 210.
- Matsubara S. 1973. Overcoming self-incompatibility by cytokinins treatment in *Cilium longiflorum*. *Bot Mag Tokyo*, 86: 43 – 46.
- Qiao Yong-xu, Zhang Yong-ping, Chen Chao, Wang Gui-lan, Di Wei-wei. 2009. Cytological observation on the bulblet induction of *Lilium Oriental* ‘Sorbonne’. *Acta Horticulturae Sinica*, 36 (7): 1031 – 1036. (in Chinese)
- 乔永旭, 张永平, 陈 超, 王桂兰, 底伟伟. 2009. 东方百合‘索邦’诱导小鳞茎发生过程中的细胞学观察. *园艺学报*, 36 (7): 1031 – 1036.
- Ruan Y L, Jin Y, Yang Y J, Li G J, Boyer J S. 2010. Sugar input, metabolism, and signaling mediated by invertase: Roles in development, yield potential, and response to drought and heat. *Molecular Plant*, 3 (6): 942 – 955.
- Sonnewald U, Brauer M, von Schaewen A, Stitt M, Willmitzer L. 1991. Transgenic tobacco plants expressing yeast-derived invertase in either the cytosol, vacuole or apoplast: A powerful tool for studying sucrose metabolism and sink/source interactions. *Plant Journal*, 1: 95 – 106.
- Wu Xu-dong, Xie Qing-zhong, Wang Yan-wen, Ma Xiao-bin, Dou Hong-wei. 2010. Effects of thidiazuron (TDZ) on anti-aging activity of mulberry leaves cultured *in vitro*. *Science of Sericulture*, 36 (4): 667 – 670. (in Chinese)

- 吴绪东, 谢清忠, 王彦文, 马晓斌, 窦宏伟. 2010. 噻二唑苯基脲 (TDZ) 对离体培养桑树叶片的抗老化能力影响. 蚕业科学, 36 (4): 667 - 670.
- Wu Zheng-jing. 2007. cDNA cloning of tomato acid invertase and function analysis in cold resistance reaction of cell wall invertase [Ph. D. Dissertation]. Yangling: Northwest A & F University. (in Chinese)
- 吴正景. 2007. 番茄酸性转化酶 cDNA 克隆及胞壁转化酶在植株抗寒反应中功能研究 [博士论文]. 杨凌: 西北农林科技大学.
- Xie H, Chen J Y, Yuan R C, Zhong Y X, Feng H L, Xu S J, Li J G, Lu W J. 2009. Differential expression and regulation of expansin gene family members during fruit growth and development of 'Shijia' longan fruit. Plant Growth Regulation, 58 (3): 225 - 233.
- Xu Xiao-feng, Huang Xue-lin. 2003. TDZ: An efficacious plant growth regulator. Chinese Bulletin of Botany, 20 (2): 227 - 237. (in Chinese)
- 徐晓峰, 黄学林. 2003. TDZ: 一种有效的植物生长调节剂. 植物学通报, 20 (2): 227 - 237.
- Zhang H, Chen T, Wang Z, Yang J, Zhang J. 2010. Involvement of cytokinins in the grain filling of rice under alternate wetting and drying irrigation. J Exp Bot, 61 (13): 3719 - 3733.
- Zhou Lei, Wei Qi-chao, Gao Feng. 2006. The effect of cytokinins on fruit and seed development. Plant Physiol Commun, 42 (3): 549 - 553. (in Chinese)
- 周 蕾, 魏琦超, 高 峰. 2006. 细胞分裂素在果实及种子发育中的作用. 植物生理学通讯, 42 (3): 549 - 553.

征 订

《中国蔬菜栽培学》(第 2 版)

《中国蔬菜栽培学》(第 2 版) 于 2009 年 10 月由中国农业出版社出版发行。全书约 250 万字, 分总论、各论、保护地蔬菜栽培、采后处理及贮藏保鲜共 4 篇。总论篇概要地论述了中国蔬菜栽培的历史、产业现状, 中国蔬菜的起源、来源和种类, 蔬菜作物生长发育和器官形成与产品质量的关系, 蔬菜生产分区、栽培制度和技术原理, 蔬菜栽培的生理生态基础以及环境污染与蔬菜的关系等; 各论篇较详细地介绍了根菜类、薯芋类、葱蒜类、白菜类、芥菜类、甘蓝类、叶菜类、瓜类、茄果类、豆类、水生类、多年生类、芽苗菜以及食用菌类蔬菜的优良品种、栽培技术、病虫害综合防治、采收等方面的技术经验和研究成果; 保护地蔬菜栽培篇论述了中国蔬菜保护地的类型、构造和应用, 主要栽培设施的设计、施工, 保护地环境及调节, 保护地蔬菜栽培技术; 采后处理及贮藏保鲜篇重点介绍了蔬菜采后处理技术及贮藏原理和方法等。与原著 (1987 年版) 相比较, 具有如下特点:

1. 重点增加了自 20 世纪 80 年代后期以来, 中国在蔬菜栽培理论、无公害蔬菜栽培技术、推广应用的新品种、病虫害综合防治以及在蔬菜产品质量、产品采后处理及贮藏保鲜原理和技术等方面取得的新成果、新进展; 概述了改革开放以来中国蔬菜产、销通过商品基地建设、流通体系建设等在解决蔬菜周年生产和供应方面所取得的成绩。
2. 对蔬菜栽培历史, 蔬菜的起源、来源, 分类, 蔬菜学名, 病虫害学名等进行了复核, 校勘。
3. 尽可能地反映不同学术思想和观点; 尽量反映不同生态区, 包括中国台湾地区在内的栽培技术特点。
4. 删去了“蔬菜的加工”和“野生蔬菜”两章, 以使本书的内容更加切题。另在附录中增加了“主要野生蔬菜简表”、“主要野生食用菌简表”和“主要香辛料蔬菜简表”3 个附表。

本书由中国农业科学院蔬菜花卉研究所主编, 组织全国有较高学术水平和实际工作经验的专家、学者和技术人员 130 余人分别撰写, 反映了 21 世纪初中国蔬菜栽培科学研究和蔬菜生产技术的水平, 内容较全面、系统, 科学性、学术性强, 亦有较强的实用性, 插有近 500 张彩图, 可供相关科研人员、农业院校师生、专业技术及管理人员等参考。

定价: 330 元 (含邮费)。

购书者请通过邮局汇款至北京中关村南大街 12 号中国农科院蔬菜花卉研究所《园艺学报》编辑部, 邮编 100081。