

水杨酸对大蒜鳞茎形成及其保护酶活性的影响

咸 丰^{1,2}, 程智慧¹, 关志华¹, 杜慧芳¹

(1 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100;

2 内蒙古包头市九原区种苗中心, 内蒙古 包头 014100)

[摘 要] 为探寻反季节栽培大蒜生产的理论和技术, 实现新鲜大蒜的周年供应, 丰富设施栽培结构模式和减轻连作障碍。以两个大蒜品种为试材, 在反季节栽培条件下, 研究了叶面水杨酸(SA)处理对大蒜鳞茎形成、产量及鳞茎形成过程中过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性的影响。结果表明, 不同质量浓度SA处理均能促进大蒜的鳞茎比率和假茎粗, 抑制大蒜的株高和假茎长的增长, 增加蒜瓣质量、蒜头质量和蒜头产量, 提高大蒜鳞茎中POD、SOD的活性, 抑制CAT的活性, 且以200 mg/L处理的效果最显著。说明SA能显著促进大蒜鳞茎膨大和质量增加, 以200 mg/L处理的效果最好, SA对大蒜植株生长有抑制作用; SA能够提高大蒜鳞茎中POD、SOD的活性, 抑制CAT的活性。

[关键词] 大蒜; 鳞茎; 水杨酸; 保护酶活性

[中图分类号] S633.401

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)02-0088-05

Effects of SA treatments on bulb formation and activity of protective enzymes in garlic

XIAN Feng^{1,2}, CHENG Zhihui¹, GUAN Zhihua¹, DU Hui-fang¹

(1 College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Jiuyuan District Seed and Seedling Center, Baotou, Inner Mongolia 014100, China)

Abstract: Effects of foliage application of salicylic acid (SA) on bulb formation, bulb yield and activity of protective enzymes in the course of bulb formation were studied in two mature types of garlic cultivars in the off-season planting conditions in order to find out the theoretical and technical basis for the off-season garlic's production, supply the fresh garlic bulb in whole year, enrich the mode of facility cultivation and alleviate the obstacle of continuous cropping. The results indicated that the SA treatment of different concentrations promoted bulbing ratio and pseudostem width, restrained plant height and pseudostem length, heightened bulb weight, clove weight and bulb yield, increased the activity of peroxidase (POD), superoxide dismutase (SOD) but decreased activity of catalase (CAT) in garlic bulb. And the effect of 200 mg/L treatment was the prominentest in all of SA treatments. Therefore, SA can promote bulb swelling and mass accumulating and restrain the growth of garlic plant. And SA increases the activity of peroxidase (POD) and superoxide dismutase (SOD) and decreases activity of catalase (CAT) in garlic bulb.

Key words: *Allium sativum* L.; bulb; salicylic acid (SA); activity of protective enzyme

大蒜(*Allium sativum* L.)为百合科葱属二年生草本植物,以蒜薹和蒜头(鳞茎)为主要产品器官,具有很高的营养价值和药用价值^[1]。然而由于受栽培

季节的限制,新鲜蒜薹和蒜头的供应期非常有限。反季节栽培大蒜是解决新鲜蒜薹和蒜头周年供应的主要途径,也是调整设施栽培结构模式和减轻连作障

· [收稿日期] 2006-01-06

[基金项目] 陕西省自然科学基金项目(2002C102); 国家“十五”科技攻关项目(2004BA516A 09)

[作者简介] 咸 丰(1974-),男,内蒙古包头人,在读硕士,主要从事蔬菜生理生态研究。E-mail: xf74911@yahoo.com.cn

[通讯作者] 程智慧(1958-),男,陕西兴平人,教授,博士生导师,主要从事蔬菜生理生态与生物技术研究。E-mail: chengzh2004@163.com

碍的重要措施之一。目前, 有关大蒜生长发育的研究已取得了一定进展^[2]。大蒜是低温长日照植物, 大蒜鳞茎经过30~60 d 的低温春化(0~4 °C) 处理, 在人工控制的适宜温光条件下, 当年冬季就可以形成鳞茎^[3]。鳞茎形成通常被认为是由一种未知的“鳞茎形成激素”和赤霉素之间的平衡来调控, 赤霉素被认为是抑制鳞茎形成的激素, Ravnkar 等^[4]推测茉莉酸(Jasmonic acid, JA) 可能是“鳞茎形成激素”, Koda 等^[5]推测水杨酸(Salicylic acid, SA) 可能是“鳞茎形成激素”。李春香等^[6]证明, 茉莉酸甲酯(Methyl jasmonate, Me-JA) 在促进鳞茎膨大的同时, 也能增加叶鞘内SA 的含量, 认为Me-JA 促进鳞茎膨大可能是通过促进内源SA 含量的增加而实现的。因此, SA 在大蒜鳞茎发育中具有重要作用^[6-7], 但SA 对田间生长大蒜鳞茎形成的作用还未见研究报道。

本研究选用具有不同蒜薹和鳞茎发育特征的两个大蒜品种, 在反季节栽培条件下, 研究了水杨酸(SA) 对大蒜鳞茎形成、产量及鳞茎形成过程中过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT) 和超氧化物歧化酶(SOD) 活性的影响, 以期为大蒜鳞茎形成机理的研究以及反季节大蒜的生产提供理论和技术依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以早熟品种彭县晚熟与晚熟品种四川红皮两个典型大蒜品种为试材, 均取自西北农林科技大学园艺学院大蒜种质资源圃。

1.2 试验设计与方法

供试蒜瓣大小基本一致, 在低温湿润条件下处理35 d 后, 于2004-09-23 播于杨凌杜家坡日光温室内, 田间按双因子(品种、激素处理) 完全随机排列, 重复3 次, 株行距10 cm × 20 cm。SA 质量浓度设2, 20, 200 mg/L 共3 个水平, 以清水处理为对照(CK)。各品种每个处理50 株, 田间管理按常规进行。2005-01-09 开始对供试大蒜叶面喷施水杨酸, 每隔7 d 喷1 次, 共喷施3 次。

分别于2005-02-01 和2005-03-09 对每个处理取样4 株, 测量植株的鳞茎比率、假茎粗、株高、假茎长等形态指标, 及鳞茎部位过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT) 和超氧化物歧化酶(SOD) 的活性。鳞茎收获后, 测定鳞茎的蒜瓣数、蒜瓣质量、蒜头质量和产量。

1.3 观测项目及记载标准

鳞茎比率= 鳞茎最大直径/假茎最小直径^[8]。

假茎粗: 假茎上茎颈部的最大直径^[8]。

株高: 将植株拉直, 茎盘处到最长叶叶尖的距离^[8]。

假茎长: 茎盘处至上端叶片与叶鞘明显分界处的距离^[8]。

蒜头质量: 蒜头采收并干燥20 d 后, 削去蒜头根须, 称取每个处理所有蒜头的总质量, 求其平均值^[8]。

蒜瓣质量: 蒜头采收并干燥20 d 后, 称量具有代表性的10 头蒜所有蒜瓣的质量, 求其平均值^[8]。

蒜瓣数: 蒜头采收并干燥20 d 后, 统计具有代表性的10 头蒜所有蒜瓣的数量, 求其平均值^[8]。

POD 活性测定用愈创木酚法^[9], CAT 活性测定用紫外吸收法^[9], SOD 活性测定用NBT 还原法^[9]。

1.4 数据处理

数据处理采用Excel 与DPS 软件完成。

2 结果与分析

2.1 SA 处理对大蒜植株生长的影响

2.1.1 对大蒜鳞茎比率和假茎粗的影响 由表1 可以看出, SA 处理促进了大蒜的鳞茎比率和假茎粗, 随着SA 质量浓度的增加, 促进效应增大。

由表1 还可知, SA 对鳞茎比率和假茎粗的影响因品种而异。在02-01, 各处理的鳞茎比率都达到2.0 以上, 表明鳞茎开始膨大^[10], 彭县晚熟和四川红皮的鳞茎比率分别较其对照增加了1.01%~7.90% 和1.30%~5.95%, 20 与200 mg/L 两个处理与其对照间差异均极显著, 彭县晚熟大蒜的20 与200 mg/L 两个处理间差异极显著。SA 处理大蒜的假茎粗分别较其对照增加了4.00%~18.39% 和3.34%~13.70%, 20 mg/L SA 处理与其对照间差异显著, 200 mg/L SA 处理与其对照间差异极显著。

在03-09, 大蒜鳞茎膨大较快, SA 处理彭县晚熟和四川红皮两个大蒜品种的鳞茎比率分别较其对照增加了1.69%~10.87% 和1.68%~7.82%, 且20 mg/L 处理、200 mg/L 处理、对照三者之间差异极显著, 四川红皮的2 mg/L 处理与对照间差异显著。SA 处理两个大蒜品种的假茎粗分别较其对照增加了4.55%~17.67% 和2.43%~12.27%, 20 和200 mg/L 两个处理与其对照间差异均极显著, 20 和200 mg/L 两个处理间对于彭县晚熟差异显著, 对于四川红皮差异极显著, 四川红皮的2 mg/L 处理与对照间差异显著。

表1 SA 处理对大蒜植株生长的影响

Table 1 Effect of SA treatment on plant growth of garlic

品种 Cultivar	SA/ (mg · L ⁻¹)	鳞茎比率 Bulbing ratio		假茎粗/cm Pseudostem width		株高/cm Plant height		假茎长/cm Pseudostem length	
		02-01	03-09	02-01	03-09	02-01	03-09	02-01	03-09
彭县晚熟 Pen county late	200	2 173 aA	3 082 aA	1 371 aA	1 385 aA	60 22 dB	67 86 bA	19 65 aA	31 07 bA
	20	2 089 bB	2 966 bB	1 289 abAB	1 302 bAB	61 63 dB	69 92 aA	20 41 aA	31 59 abA
	2	2 034 cC	2 827 cC	1 204 bcB	1 231 bcBC	64 30 bA	70 08 aA	20 67 aA	31 87 abA
	CK	2 014 cC	2 780 cC	1 158 cB	1 177 cC	65 66 aA	70 29 aA	21 18 aA	32 52 aA
四川红皮 Sichuan red	200	2 123 aA	3 013 aA	1 372 aA	1 387 aA	66 15 cC	73 66 dB	19 28 bA	32 28 bB
	20	2 090 aA	2 892 bB	1 297 abAB	1 303 bB	68 32 bB	74 80 bcAB	19 97 abA	32 76 bAB
	2	2 030 bB	2 842 cBC	1 247 bcB	1 264 bBC	70 95 aA	75 97 abA	20 83 abA	33 22 abAB
	CK	2 004 bB	2 795 cC	1 207 cB	1 222 cC	71 11 aA	76 44 aA	21 60 aA	34 13 aA

注: 不同小写字母代表5% 显著水平, 不同大写字母代表1% 显著水平, 字母相同的为差异不显著。下表同。
Note: Small letter refers to significant at 5% level; capital letter refers to significant at 1% level, and the same letters show no significant difference

2.1.2 对大蒜株高和假茎长的影响 由表1 可以看出, SA 处理对大蒜株高和假茎长的增长均有抑制作用, 随着SA 质量浓度的升高, 抑制作用增大。SA 对株高和假茎长的影响因品种而异。

在02-01, SA 处理彭县晚熟和四川红皮两个大蒜品种的株高分别较其对照降低了2.08%~8.28%和0.23%~6.98%, 20 与200 mg/L 两个处理与其对照间差异均极显著, 20 与200 mg/L 两个处理间对于彭县晚熟差异显著, 对于四川红皮差异极显著, 彭县晚熟大蒜的2 mg/L 处理与对照间差异显著。SA 处理的假茎长分别较其对照降低了2.41%~7.22%和3.56%~10.74%, 彭县晚熟大蒜的SA 处理与其对照间均无显著性差异, 四川红皮大蒜的200 mg/L 处理与对照间差异显著。

在03-09, SA 处理彭县晚熟和四川红皮的株高分别较其对照降低了0.30%~3.46%和0.61%~3.63%, 彭县晚熟大蒜的200 mg/L 处理与其对照间差异显著; 四川红皮大蒜的200 mg/L 处理与其对照间差异极显著, 20 mg/L 处理与其对照间差异显著。两

个大蒜品种SA 处理的假茎长分别较其对照降低了2.02%~4.48%和2.65%~5.43%, 彭县晚熟的200 mg/L 处理与其对照间差异显著; 四川红皮的200 mg/L 处理与其对照间差异极显著, 20 mg/L 处理与其对照间差异显著。

2.2 SA 处理对大蒜蒜头产量的影响

由表2 可知, SA 处理增加了蒜瓣质量和蒜头质量, 提高了蒜头产量, 但对蒜瓣数影响不显著。彭县晚熟的蒜瓣质量、蒜头质量和蒜头产量分别较其对照增加了2.96%~31.40%, 1.74%~33.61%和1.73%~33.58%; 四川红皮的蒜瓣质量、蒜头质量和蒜头产量分别较其对照增加了4.05%~30.28%, 2.60%~32.12%和2.59%~32.11%。两个大蒜品种200 mg/L 处理的蒜瓣质量、蒜头质量和蒜头产量与其对照间有极显著差异; 20 mg/L 处理彭县晚熟的蒜头质量和蒜头产量与其对照间差异极显著, 而蒜瓣质量与其对照间差异显著, 四川红皮的蒜头产量与其对照间差异极显著; 2 mg/L 处理与对照间没有显著性差异。

表2 SA 处理对大蒜蒜头产量的影响

Table 2 Effect of SA treatment on bulb yield of two garlic cultivars

品种 Cultivar	SA/ (mg · L ⁻¹)	蒜头质量/g Bulb weight	蒜瓣质量/g Clove weight	蒜瓣数 Clove number	蒜头产量/ (kg · hm ⁻²) Bulb yield
彭县晚熟 Pen county late	200	16 05 aA	2 26 aA	7 17 aA	8 037.10 aA
	20	13 90 bB	1 99 bAB	7 07 aA	6 950.50 bB
	2	12 22 cBC	1 77 cB	7 07 aA	6 109.74 cC
	CK	12 01 cC	1 72 cB	6 97 aA	6 006.15 cC
四川红皮 Sichuan red	200	16 98 aA	2 36 aA	7 27 aA	8 488.80 aA
	20	13 89 bB	1 96 bB	7 17 aA	6 947.40 bB
	2	13 18 bB	1 88 bB	7 17 aA	6 591.80 cC
	CK	12 87 bB	1 81 bB	7 07 aA	6 425.50 cC

2 3 SA 处理对大蒜鳞茎保护酶活性的影响

2 3 1 对大蒜鳞茎POD 活性的影响 表3 表明, 无论是SA 处理还是对照, 大蒜鳞茎形成初期POD 活性均高于鳞茎形成后期, 但SA 处理增加了大蒜鳞茎POD 活性, 且随着SA 质量浓度的增加而增强, 两品种鳞茎POD 活性受SA 处理的影响有所不同。在02-01, 彭县晚熟和四川红皮鳞茎的POD 活性分别较其对照提高了18 37%~ 29 57%和12 28%~ 25

96%, SA 处理与其对照间差异均极显著, 20 和 2 mg/L 两个处理与 200 mg/L 处理间差异均极显著。在03-09, 彭县晚熟鳞茎POD 活性较其对照提高了4 56%~ 17 25%, 200 mg/L 处理与对照间差异极显著; 四川红皮鳞茎POD 活性较其对照提高了5 49%~ 14 61%, 200 mg/L 处理与对照间差异极显著, 20 mg/L 处理与对照间差异显著。

表3 SA 处理对大蒜鳞茎保护酶活性的影响
Table 3 Effect of SA treatment on activity of protective enzymes in bulb

品种 Cultivar	SA/ (mg · L ⁻¹)	POD 活性/(μg · g ⁻¹) A ctivity of POD		CAT 活性/(U · g ⁻¹ · min ⁻¹) A ctivity of CAT		SOD 活性/(U · g ⁻¹ · h ⁻¹) A ctivity of SOD	
		02-01	03-09	02-01	03-09	02-01	03-09
彭县晚熟 Pen county late	200	48 48 aA	26 63 aA	99 33 bB	30 85 cC	670 55 aA	609 71 aA
	20	44 82 bB	23 86 bB	121 00 abAB	34 76 cC	612 13 bB	596 12 aAB
	2	44 29 bB	23 75 bB	132 43 aAB	67 8 bB	604 82 bB	567 34 bB
	CK	37 42 cC	22 71 bB	143 67 aA	98 33 aA	599 43 bB	512 45 cC
四川红皮 Sichuan red	200	45 71 aA	28 12 aA	91 57 cC	44 18 cC	659 43 aA	597 60 aA
	20	42 71 bB	26 27 bAB	119 32 bB	50 59 cC	615 49 bB	564 88 bAB
	2	40 75 cB	25 89 bcAB	129 16 bB	76 97 bB	603 89 bCB	551 62 bB
	CK	36 29 dC	24 54 cB	158 46 aA	97 90 aA	584 28 cB	489 75 cC

2 3 2 对大蒜鳞茎CAT 活性的影响 表3 表明, 无论是SA 处理还是对照, 大蒜鳞茎形成初期的CAT 活性均高于鳞茎形成后期, 同时SA 处理降低了大蒜鳞茎CAT 活性, 且CAT 活性随着SA 质量浓度的增加而下降, 两品种鳞茎CAT 活性受SA 处理的影响有所不同。在02-01, 彭县晚熟鳞茎CAT 活性较对照降低了7 82%~ 17 64%, 200 mg/L 处理与对照间差异极显著, 与2 mg/L 处理间差异显著; 四川红皮鳞茎CAT 活性较对照降低了18 49%~ 42 21%, SA 处理与对照间差异均极显著, 200 mg/L 处理与其他两个处理间也差异极显著。在03-09, 彭县晚熟和四川红皮鳞茎CAT 活性分别较其对照降低31 05%~ 68 63%和21 38%~ 52 11%, SA 处理与对照间差异均极显著, 2 mg/L 处理与其他两个处理间差异极显著。

红皮鳞茎的 SOD 活性分别较其对照提高了10 71%~ 18 98%和12 63%~ 22 02%, SA 的3个处理与其对照间差异均极显著。

3 结论与讨论

大蒜鳞茎是地下营养贮藏器官, 其发生和发育是环境条件、营养条件、植物激素等诸多因素综合调节的结果。水杨酸(SA)广泛分布于高等植物中, 是一种天然抑制剂, 对植物有多种生理作用, 被认为是一种新型植物激素^[11], Koda 等^[5]推测水杨酸可能是“鳞茎形成激素”。李春香等^[6]研究表明, 鳞茎膨大期大蒜叶鞘内水杨酸含量明显高于鳞茎未膨大期, 短日照条件下, 在收获时外源SA (1 mmol/L)处理的鳞茎直径和鲜重分别较其对照提高了35 7%和47 2%, 外源SA 对鳞茎膨大有强烈的促进效应, 并提出SA 可能就是“鳞茎形成激素”, 茉莉酸甲酯促进鳞茎膨大可能是基于促进内源SA 含量的增加而实现。熊正琴等^[7]也发现, 培养基中添加SA (5 × 10⁻⁴ mol/L)可显著促进大蒜鳞茎的膨大, 鳞茎鲜重可达到165 mg, 其效果甚至优于添加Me-JA。一些研究证明^[12], 在鳞茎形成时叶鞘细胞细胞壁中微管受到破坏, 微管排列方向呈不规则状态, 微管的数量减少, 使细胞缺少了微管对细胞壁横向排列的支持, 细胞骨架松弛、体积膨大, 从而形成了鳞茎; 另外, 一些

2 3 3 对大蒜鳞茎SOD 活性的影响 表3 表明, 无论是SA 处理还是对照, 大蒜鳞茎形成初期的SOD 活性均高于鳞茎形成后期, 但SA 提高了大蒜鳞茎SOD 活性水平, 且酶活性随着SA 质量浓度的增加而增大, 两品种鳞茎SOD 活性受SA 处理的影响有所不同。在02-01, 彭县晚熟和四川红皮鳞茎的SOD 活性分别较其对照提高了0 90%~ 11 86%和3 36%~ 12 86%, 200 mg/L 处理与其对照和其他两个处理间差异均极显著。在03-09, 彭县晚熟和四川

天然植物生长抑制物质,如乙烯、茉莉酸等能通过对微管的干扰而诱导鳞茎膨大。本试验结果也表明,SA 对大蒜鳞茎膨大和增重有显著促进作用,以 200 mg/L 处理的效果最好,且 SA 对大蒜植株生长有抑制作用。SA 促进鳞茎膨大可能也是通过对微管的干扰而造成的,SA 促进鳞茎膨大的机理还有待进一步研究证明。

大蒜鳞茎形成过程也是大蒜植株生理上向休眠老熟发育的过程。本试验结果表明,大蒜在鳞茎开始膨大时,鳞茎中 POD、SOD、CAT 3 种酶的活性都很高,在膨大后期 3 种酶的活性都降低,但 SOD 的活性仍然很高。说明大蒜在鳞茎膨大初期,其呼吸代谢旺盛,酶活性表现很高,在鳞茎膨大后期,呼吸代谢减弱,酶活性下降,在此过程中, SOD 活性一直保持很高水平。而试验结果也表明,SA 能显著提高鳞茎 SOD 和 POD 的活性,这与其他研究结果^[13-14]相似。大蒜本身富含 SOD,SA 能够提高 SOD 的活性,增强 SOD 在鳞茎膨大过程中抗氧化、抗衰老的作用。POD 是一类广泛存在于植物体内的酶,参与植物体内的多种生理过程,与生长发育有着密切的关系。本试验中,鳞茎膨大初期,POD 活性表现较高,这与 Goleniowski 等^[15]的研究结果相一致,而在鳞茎开始膨大后,SA 使鳞茎 POD 活性保持更高的水平,从而促进了鳞茎的膨大。SA 抑制株高和假茎长,可能也与提高 POD 活性有关。周人纲等^[16]研究证明,过氧化物酶活性与植株高度之间存在着负相关性;陈日远等^[17]指出,POD 在调节植物组织内吲哚乙酸(IAA)水平上起着主导作用,IAA 的氧化与 POD 活性有关;韩天富等^[18]指出,POD 可作为 IAA 氧化酶,POD 可使 IAA 钝化和分解,最终形成生理不活跃的 3-亚甲氧代吲哚,同时酶活性与生长速度呈负相关,从而降低植物体内 IAA 的含量水平;张志华等^[19]研究结果也表明,POD 活性与株高呈显著负相关,与株高增长量呈极显著负相关。此外,SA 抑制了鳞茎 CAT 的活性,这与原永兵等^[13]的研究相似;Chen 等^[20]证明 CAT 就是 SA 的结合蛋白,认为 SA 可能与 CAT 结合抑制其活性。

综上所述,SA 能显著促进大蒜鳞茎膨大和增重,以 200 mg/L 处理的效果最好,SA 对大蒜植株生长有抑制作用;SA 能够提高大蒜鳞茎中 POD、SOD 的活性,抑制 CAT 的活性。

[参考文献]

- [1] 苏美琼,杨柏崇,成密红,等.大蒜的功效及综合利用研究进展[J].西北农业学报,2003,12(4):151-156
- [2] 郭洪云,樊治成,傅连海.大蒜鳞茎形成生理研究进展[J].山东农业大学学报,1998,29(2):257-260
- [3] 李曙轩,寿诚学.春化及光照对于大蒜鳞茎形成与蒜薹发育的影响[J].植物学报,1954,3(4):337-351
- [4] Ravnkar M, Zel J, Plaper I, et al. Jasmonic acid stimulates shoot and bulb formation of garlic *in vitro*[J]. Journal of Plant Growth Regulation, 1993, 12: 73-77.
- [5] Koda Y, Takahashi K, Kiduta Y. Potato tuber including activities of salicylic acid and related compounds[J]. Plant Growth Regul, 1992, 11: 215-219
- [6] 李春香,杨军,王树才,等.水杨酸在大蒜鳞茎膨大中的作用[J].园艺学报,2000,27(3):220-222
- [7] 熊正琴,李式军,周曼,等.茉莉酸甲酯和水杨酸促进大蒜试管鳞茎的形成[J].园艺学报,1999,26(6):408-409
- [8] 樊治成.大蒜品种资源的分类和利用[D].陕西杨凌:西北农业大学,1993
- [9] 高俊凤.植物生理学试验技术[M].西安:世界图书出版社,2000
- [10] 李曙轩,吕荣欣.光周期、温度和种蒜大小对大蒜鳞茎形成的影响[J].植物生理学报,1965,2(4):303-310
- [11] Raskin I. Role of salicylic acid in plant[J]. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1992, 43: 439-463
- [12] 郭得平.光敏素和激素对洋葱鳞茎形成的调控及其作用机制[J].植物生理学通讯,1996,32(3):228-234
- [13] 原永兵,刘成连,鞠志国,等.水杨酸对苹果叶片中过氧化氢水平的调节及其机制[J].园艺学报,1997,24(3):220-224
- [14] 李淑菊,马德华,庞金安,等.水杨酸对黄瓜几种酶活性及抗病性的诱导作用[J].华北农学报,2000,15(2):118-122
- [15] Goleniowski, Longood F. Relationships between peroxidases and *in vitro* bulbification in garlic (*Allium sativum* L.) [J]. Cellular and Development Biology Plant, 2001, 37(5): 682-686
- [16] 周人纲,韩雅珊,阎隆飞.植物高度与过氧化物酶的关系[J].作物学报,1983,9(4):267-273
- [17] 陈日远,关佩聪.温度和光周期与丝瓜花性分化及其生理的研究 I: 温度和光周期对丝瓜花性分化和氧化酶活性及其同工酶的影响[J].华南农业大学学报,1993,14(2):96-101
- [18] 韩天富,王金陵,谭克辉,等.光周期对大豆过氧化物酶活力及其同工酶酶谱的影响[J].东北农业大学学报,1995,26(3):214-219
- [19] 张志华,刘新彩,王红霞,等.核桃 POD 和 POD 酶活性与生长势的关系[J].园艺学报,2006,33(2):229-232
- [20] Chen Z, Silva H, Klessing D F. Active oxygen species in the induction of plant systemic acquired resistance by salicylic acid[J]. Science, 1993, 262: 1883-1886