

尤 超,沈 虹,郭世荣,等. 早熟油桃品种的抗寒性对比试验[J]. 江苏农业科学,2017,45(14):119-122.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.14.033

# 早熟油桃品种的抗寒性对比试验

尤 超<sup>1</sup>, 沈 虹<sup>1</sup>, 郭世荣<sup>2</sup>, 孙 锦<sup>2</sup>

[1. 南京农业大学(宿迁)设施园艺研究院,江苏宿迁 223800; 2. 南京农业大学园艺学院,江苏南京 210095]

**摘要:**以早红珠等 6 个油桃品种为试材,研究自然降温条件下植株的田间耐寒性及低温胁迫下花器官的生理生化变化。结果表明,油桃花蕾的抗寒性强弱顺序为中油 9 号 > 早红珠 > 黄九 > 东方红 > 金硕 > 灵宝,花朵的抗寒性强弱依次为早红珠 > 中油 9 号 > 早红珠 > 黄九 > 金硕 > 灵宝 > 东方红;经主成分分析和隶属函数分析法综合评价,抗寒性强的油桃品种为早红珠、中油 9 号,抗寒性弱的油桃品种为灵宝、东方红;评价油桃耐寒性的最佳处理温度为 -2 ℃。

**关键词:**低温胁迫;油桃;早熟;生理指标;抗寒性

**中图分类号:** S662.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)14-0119-04

适宜温度是植物生长所必需的环境条件,低温却是限制地球上植物分布与生长的重要因素,而低温伤害是全世界农林生产中损失巨大的一种自然灾害<sup>[1]</sup>。在果树生产中,低温伤害也是主要的自然灾害之一,特别是对早花果树,常因遭受早春寒潮袭击而影响果树生产。果树一般是多年生的,一旦受害将比其他作物产生的后果更为严重<sup>[2-4]</sup>。我国的棚室结构一般较为简单,再加上温室的低温逆转现象,果树花期的正常发育和生长往往会受到影响,低温伤害造成的果树减产或栽培失败是设施生产中一个突出的问题。

目前,学者们对果树的耐寒性进行了大量研究,但对油桃(*Prunus persica* var. *nectarina*)的耐寒性研究鲜见报道。油桃是重要的多年生果树,经济、社会及生态价值较高,而很多地区的霜冻现象则严重制约了当地油桃产业的发展<sup>[5-7]</sup>。为此,研究油桃在低温胁迫条件下各生理指标的响应情况,探讨油桃在低温胁迫时主要的生理变化状况,为油桃的耐寒性进一步研究提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试剂和仪器

三氯乙酸、乙酸乙酯、浓硫酸、脯氨酸(Pro)、硫代巴比妥酸、葡萄糖、萘酚、甲苯、茚三酮、碘基水杨酸、冰醋酸、蒸馏水、L-蛋氨酸、氮蓝四唑、核黄素、磷酸、磷酸二氢钠、愈创木酚等试剂药品,由国药集团化学试剂有限公司提供。HH4 型恒

温水浴锅,国华电器有限公司生产;TPY-6A 型土壤养分速测仪,浙江托普仪器有限公司生产;Orion 3-Star 310C-01/310C-06 型电导率测量仪,上海纳锆实业有限公司生产;FW177 型粉碎机,天津泰斯特仪器有限公司生产;PHS-3C 型 pH 计,上海精密科学仪器有限公司生产;分析天平,北京赛多利斯科学仪器有限公司生产;BioPhotometer 型分光光度计等。

### 1.2 样品低温处理

2013 年 4 月,自南京农业大学(宿迁)设施园艺研究院油桃资源圃选取经自然越冬的早红珠、中油 9 号、灵宝、东方红、黄九、金硕等 6 个油桃品种长势较好、无病虫害的植株各 18 株,其中早红珠、中油 9 号、灵宝等白肉品种 4 个,黄九、金硕等黄肉品种 2 个;每个品种采集萌芽期的花蕾、盛花期的花朵,连枝条一起采回,石蜡封住果枝两端,保温箱中保湿带回实验室,每个品种采样 6 份;自来水冲洗,分包于纸袋中;采用美国产低温水浴进行处理,设置 5、2、0、-2、-5、-7 ℃ 等 6 个温度梯度,降温速度 4 ℃/h,以田间常规温度处理为对照(CK),每个温度梯度处理 30 min;1~2 ℃ 条件下缓慢解冻,将花芽或花从果枝上拨下,测定电导率;剩余材料过液氮,-80 ℃ 冰箱中保存,待用。

### 1.3 测定内容与方法

参照杨春祥的方法<sup>[8]</sup>观察油桃植株花期冻害,参照赵红星的方法<sup>[9]</sup>调查油桃田间耐寒性;参照孙群等的方法<sup>[10]</sup>测定丙二醛(MDA)含量,参照王学奎等的方法<sup>[11]</sup>测定相对电导率、可溶性糖含量;分别采用酸性茚三酮法<sup>[12]</sup>、氮蓝四唑光还原法、愈创木酚法、紫外光吸收法<sup>[13]</sup>测定脯氨酸(Pro)含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化物酶(POD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性。其中,在开展不同油桃抗寒性综合评价中,所有生理生化指标数据均为“1.2”节步骤中优选油桃耐寒性最佳处理温度的条件下测取。

### 1.4 数据处理

采用 Excel 2003、SPSS 18.0 软件对数据进行统计分析<sup>[14]</sup>,将各生理生化指标整合为相互独立的综合指标,求出综合指标得分值;根据得分值、贡献率大小,求出各综合指标隶属函数值、权重;计算各油桃品种抗寒性综合评价值  $D$ ,对

收稿日期:2016-03-31

基金项目:2016 年度中央引导地方科技发展专项资金项目“南京农业大学(宿迁)设施园艺研究院研发服务能力提升项目”;江苏省宿迁市科技基础设施建设项目(编号:M201419);江苏省宿迁市科技计划项目(编号:L201410、L201604、L201615);江苏省农业三新工程项目(编号: SXGC[2014]256, SXGC[2015]270)。

作者简介:尤 超(1987—),男,助理研究员,主要从事果树种质资源库建设、珍贵树种良种选育及优质苗木繁育技术推广、园艺植物有效成分生物代谢及分子生物学研究等。Tel:(0527)84834100; E-mail:kyzy518529@163.com。

通信作者:孙 锦,博士,副教授,硕士生导师,主要从事设施园艺、无土栽培等教学、科研和推广工作。Tel:(0527)84834100。

其抗寒性进行评价<sup>[15-16]</sup>。

2 结果与分析

2.1 油桃种质资源田间耐寒性调查

2.1.1 油桃受冻害症状表现 受冻严重的当年生油桃结果母枝皮层冻黑、干枯,皮层剥离,受冻害稍轻的当年生结果母枝皮层褐变,芽眼和形成层变黑或变褐,生长发育推迟,新生叶片扭曲或畸形;受冻害油桃对病害的抵抗力降低,易遭受炭疽病等病菌侵染,造成植株大枝枯死。

2.1.2 不同油桃品种的受冻情况 2014 年 5 月、10 月,分 2 次调查南京农业大学(宿迁)设施园艺研究院油桃种质资源圃栽植的 6 个油桃品种共 200 株经长时间低温冷害后的植株受冻情况。由表 1 可见,2014 年 5 月受冻害影响的植株有 140 株,占资源保存数的 70%,其中冻枯死亡 20 株,占资源保存数的 10%;2014 年 10 月调查发现,因受冻而延迟生长的资源均恢复正常生长。

2.1.3 不同油桃品种花器官的冻害情况 褐变是组织受低温伤害的直接表现。由表 2 可见,5℃低温处理与对照(CK) 6 个油桃品种的花蕾、花朵褐变率均为 0.0%;2℃时,金硕、

表 1 2014 年资源圃内油桃受冻总体情况

受冻程度	5 月份		10 月份	
	受冻株数 (株)	所占比例 (%)	受冻株数 (株)	所占比例 (%)
正常	40	20	160	80
延缓生长	120	60	0	0
冻枯死亡	20	10	18	9

黄九、灵宝、东方红的花器官出现轻微褐变,褐变率在 0.3%~5.3%;-5℃时,6 个油桃品种的花蕾和花朵均出现不同程度的褐变,东方红的褐变率相对最高,花蕾、花朵的褐变率分别为 67.3%、63.1%;-7℃时,东方红花朵的褐变率相对最高,为 92.1%,其后依次是灵宝、金硕、黄九、早红珠、中油 9 号,这说明花朵的抗寒性强弱依次为中油 9 号>早红珠>黄九>金硕>灵宝>东方红;灵宝的花蕾褐变率相对最高,为 89.2%,其后依次为金硕、东方红、黄九、早红珠、中油 9 号,这说明花蕾的抗寒性强弱依次为中油 9 号>早红珠>黄九>东方红>金硕>灵宝。因此,中油 9 号、早红珠油桃的花器官抗寒性相对较强,东方红、灵宝油桃的花器官抗寒性相对较差。

表 2 不同品种油桃花期冻害情况

品种	花器官	不同温度处理的花器官褐变率(%)							抗寒综合评价
		CK	5℃	2℃	0℃	-2℃	-5℃	-7℃	
早红珠	花蕾	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	23.4	47.3	优
	花朵	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	12.5	38.2	
金硕	花蕾	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	41.1	78.4	良
	花朵	0.0	0.0	1.9	3.4	9.5	39.2	59.2	
黄九	花蕾	0.0	0.0	0.0	2.1	31.2	32.9	60.3	良
	花朵	0.0	0.0	0.3	1.9	12.0	34.1	54.1	
中油 9 号	花蕾	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.4	21.3	优
	花朵	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	21.5	34.5	
灵宝	花蕾	0.0	0.0	1.2	5.5	38.2	45.3	89.2	差
	花朵	0.0	0.0	3.8	4.3	29.6	55.9	79.5	
东方红	花蕾	0.0	0.0	5.3	7.4	45.2	67.3	76.3	差
	花朵	0.0	0.0	1.4	9.3	37.8	63.1	92.1	

2.2 低温处理对油桃花器官电导率的影响

低温胁迫下,油桃植株易脱水,质膜部分 Ca<sup>2+</sup> 会被 Na<sup>+</sup> 竞争性代替,导致质膜透性变强,而相对电导率可反映植株的质膜透性大小与膜脂过氧化程度,其数值大小往往与耐寒性成反比。不同冻害温度下测定油桃植株的相对电导率,既可判断其耐寒性,又可进一步获知评价耐寒性的最适处理温度<sup>[17]</sup>。由表 3 可见,随胁迫温度的降低,油桃花器官的相对电导率整体呈增加趋势;与对照相比,5、2、0℃低温胁迫处理的油桃花器官,其相对电导率呈小幅缓慢上升,且波动幅度较

小;-2℃低温胁迫时,各品种的相对电导率急剧增加,早红珠、中油 9 号油桃的相对电导率明显低于其他品种;-5、-7℃低温胁迫时,各处理的相对电导率又逐步趋于稳定,呈小幅波动。该试验结果与油桃花器官的冻害情况基本吻合。结合油桃相对电导率变化情况,判断油桃耐寒性的最佳处理温度为-2℃。

2.3 不同油桃品种的抗寒性综合评价

2.3.1 低温胁迫对油桃各生理生化指标的影响 由表 4 可知,低温胁迫处理的 6 个油桃品种花器官各生理生化指标存

表 3 不同低温胁迫下的油桃花器官相对电导率

品种	不同温度处理的花器官相对电导率(%)						
	CK	5℃	2℃	0℃	-2℃	-5℃	-7℃
早红珠	7.89	9.50	11.21	13.50	18.50	32.85	34.26
中油 9 号	6.79	6.49	8.24	9.24	16.70	39.57	40.29
灵宝	5.49	6.18	7.26	8.19	37.16	38.26	35.43
东方红	6.28	5.38	7.57	8.54	29.67	33.21	28.27
黄九	5.79	6.38	8.29	9.36	43.21	41.29	59.61
金硕	9.26	10.26	11.35	14.59	41.25	43.28	38.26

在明显的差异,MDA、Pro、可溶性糖含量分别在 0.071 ~ 0.104 μmol/g、264 ~ 386 μg/g、1.36% ~ 2.56% 之间,SOD、POD、CAT 活性分别在 144 ~ 348 U/g、9.45 ~ 24.6 U/(g·min)、17.9 ~ 42.0 U/(g·min) 之间;东方红油桃花器官的 MDA 含量相对最高,极显著高于其他油桃品种 ( $P < 0.01$ );金硕、早红珠、黄九油桃之间的花器官 MDA 含量差异不显著 ( $P > 0.05$ ),显著高于中油 9 号,低于灵宝 ( $P < 0.05$ );东方红花器官的 Pro 含量相对最低,极显著低于其他品种 ( $P < 0.01$ ),黄九与灵宝间的花器官 Pro 含量差异不显著 ( $P > 0.05$ );早红珠、中油桃 9 号花器官的可溶性糖含量极显著高于其他品种 ( $P < 0.01$ ),灵宝花器官的可溶性糖含量相对最低,但黄九与东方红间的花器官可溶性糖含量差异不显

著 ( $P > 0.05$ );6 个油桃品种花器官的 SOD 活性相互间差异极显著 ( $P < 0.01$ ),中油 9 号的 SOD 活性极显著高于其他品种 ( $P < 0.01$ );除黄九、金硕之间的花器官 POD 活性差异显著 ( $P < 0.05$ ) 外,POD 活性变化趋势与 SOD 大致相同;早红珠、中油桃 9 号的花器官 CAT 活性相对较高,相互之间差异不显著 ( $P > 0.05$ ),极显著高于其他品种 ( $P < 0.01$ ),灵宝、黄九间的花器官 CAT 活性差异不显著 ( $P > 0.05$ )。CAT 活性高的油桃品种其可溶性糖、Pro 含量并不一定同时都高或 MDA 含量低,而 MDA 含量高的品种也并非 CAT 活性、可溶性糖含量、Pro 含量都低,各生理指标变化幅度有所不同,相互之间存在信息重叠,这说明抗寒性可能是一个受多因素影响的数量性状,仅用单项指标无法准确反映油桃的抗寒性。

表 4 低温胁迫对不同油桃品种花器官生理生化指标的影响

品种	MDA (μmol/g)	Pro (μg/g)	可溶性糖 (%)	SOD (U/g)	POD [U/(g·min)]	CAT [U/(g·min)]
早红珠	0.074 ± 0.006BCc	344 ± 2.65Bb	2.17 ± 0.04Bb	317 ± 4.73Bb	21.5 ± 0.36Bb	42.0 ± 2.25Aa
中油 9 号	0.054 ± 0.004Dd	386 ± 1.53Aa	2.56 ± 0.11Aa	348 ± 3.21Aa	24.6 ± 0.75Aa	41.2 ± 0.23Aa
灵宝	0.084 ± 0.005Bb	291 ± 5.51Dd	1.36 ± 0.09De	167 ± 2.52Ee	12.3 ± 0.71De	29.4 ± 0.91Cc
东方红	0.104 ± 0.007Aa	264 ± 10.50Ee	1.76 ± 0.09Cd	144 ± 2.08Ff	9.5 ± 0.58Ef	17.9 ± 2.23Dd
黄九	0.071 ± 0.004Cc	301 ± 4.00CDd	1.87 ± 0.04Ccd	281 ± 4.36Cc	18.7 ± 0.65Cc	30.5 ± 0.79Cc
金硕	0.074 ± 0.004BCc	316 ± 4.50Cc	1.94 ± 0.03Cc	248 ± 16.80Dd	17.5 ± 0.32Cd	35.4 ± 1.11Bb

注:同列数据后不同的大、小写字母分别表示处理间差异极显著性 ( $P < 0.01$ )、显著 ( $P < 0.05$ )。

2.3.2 主成分分析 对不同油桃品种的生理生化指标进行主成分分析。由表 5 可见,第 1 个综合指标的贡献率达 89.647%,即该指标代表了所测 6 个单项生理生化指标 89.647% 的信息。因此,可将相互影响的 6 个单项生理生化指标转换为 1 个新的相互独立的综合指标,即 1 个主成分。经统计分析,可得 1 个主成分分析因子的载荷矩阵,MDA 含量、Pro 含量、可溶性糖含量、SOD 活性、POD 活性、CAT 活性的系数分别为 -0.937、0.971、0.871、0.978、0.994、0.925,则可知这个主成分包含 Pro 含量、SOD 活性、POD 活性 3 个生理生化指标,并得出公因子权重为 0.944 4。

表 5 主成分特征值、贡献率及累计贡献率

主成分	特征值	贡献率 (%)	累计贡献率 (%)
1	5.379	89.647	89.647
2	0.371	6.187	95.834
3	0.139	2.313	98.148
4	0.101	1.686	99.833
5	0.010	0.167	100.00
6	$-3.199 \times 10^{-16}$	$-5.331 \times 10^{-15}$	100.00

2.3.3 综合评价 综合评价值  $D$  的大小反映植物综合抗寒能力的大小,其值越大表明越抗寒。由表 6 可见,中油桃 9 号的综合评价值  $D$  相对最大,为 1.903 0;东方红相对最小,为 1.023 7;6 个油桃品种中,抗寒性强的品种有中油 9 号、早红珠,抗寒性中等的品种有黄九、金硕,抗寒性弱的品种有灵宝、东方红。

3 结论与讨论

在自然降温条件下,对资源圃保存的油桃品种进行田间耐寒性调查,结果表明,油桃的冻害程度与其品种密切相关,

表 6 油桃品种的隶属函数值和综合评价值

品种	隶属函数值 $U(x)$	综合评价值 $D$
早红珠	1.789	1.689 5
中油 9 号	2.015	1.903 0
灵宝	1.249	1.179 6
东方红	1.084	1.023 7
黄九	1.595	1.506 3
金硕	1.544	1.458 2
平均值	1.546	1.460 1

注:根据综合评价值  $D$ ,将抗寒性分为 3 个等级: $D \geq 1.600$ ,强; $1.600 > D > 1.300$ ,中; $D \leq 1.300$ ,弱。

白肉品种的抗寒性强于黄肉品种。通过对低温胁迫下油桃品种的花朵及花蕾等进行抗寒性综合评价发现,花蕾的抗寒性强弱顺序为中油 9 号 > 早红珠 > 黄九 > 东方红 > 金硕 > 灵宝,花朵的抗寒性强弱依次为中油 9 号 > 早红珠 > 黄九 > 金硕 > 灵宝 > 东方红。测定低温胁迫下油桃花器官的相对电导率,结果表明,随胁迫温度的降低,油桃花器官的相对电导率整体呈增加趋势;早红珠、中油 9 号油桃的相对电导率明显低于其他品种;判断油桃耐寒性的最佳处理温度为 -2 ℃。测定低温胁迫下不同油桃花器官的生理生化指标分析发现,产于河南省、北京市等地的中油 9 号、早红珠等油桃品种抗寒性强,产于山东省、江苏省等地的灵宝、东方红等油桃品种抗寒性相对较弱。

植物受到低温胁迫损伤往往膜透性会增大,因此细胞膜相对透性大小是植物抗寒力强弱的重要指标。本试验结果表明,随温度的降低,不同油桃花器官相对电导率初期缓慢增加,达到一定低温相对电导率急剧上升,之后又趋于稳定,整个变化过程呈“S”形曲线。相对电导率前期平缓增加,表明油桃花器官对低温具有一定适应性,胁迫到一定程度相对电

导率急剧上升,这是植物细胞膜遭受破坏的结果。

可溶性糖、脯氨酸(Pro)等为逆境下植物自身合成的渗透调节物,对质膜完整性及质膜透性有保护作用<sup>[18-20]</sup>。早红珠等花芽分化早的品种其可溶性糖含量显著高于灵宝等花芽分化稍晚的品种,这可能是因早熟品种油桃花器官自然休眠期短,低温刺激淀粉酶,分解产生较多可溶性糖。Pro 含量的变化趋势与可溶性糖大致相同。有研究表明,膜脂过氧化可使植物细胞膜受损,膜脂过氧化产物丙二醛(MDA)会损伤其生物膜功能<sup>[21]</sup>。试验结果表明,低温胁迫下,黄肉油桃花器官的 MDA 含量差异相对较小,东方红等 4 个白肉油桃花器官的 MDA 含量差异相对较大,这种差异性有待于进一步探索<sup>[22]</sup>。低温胁迫可使植物细胞产生高浓度活性氧物质,这些物质会导致植物被氧化损伤,但活性氧过多积累的同时会增强植物体内酶促保护系统酶的活性<sup>[23-28]</sup>。试验结果表明,不同油桃品种间的花器 SOD 活性差异显著,而 SOD 活性在油桃抗寒性评价中起到重要的作用,一定程度上可以用这一指标进行油桃品种抗寒性评价。

在抗寒性研究中,以往多采用单一指标进行分析,而植物抗逆性受多种因素的影响<sup>[29]</sup>,用单个指标评价植物抗寒性很难反映植物的抗寒实质。研究油桃的抗寒能力宜采用生理生化及形态等综合指标进行分析<sup>[30]</sup>。本研究通过对 SOD 等 6 个生理指标进行主成分分析,将其转化成 1 个新的综合指标,并与田间耐寒性调查及组织褐变观察结果进行印证,综合评价油桃抗寒性,结果表明,Pro 含量、POD 活性等指标在油桃抗寒性综合评价中作用明显,田间耐寒性分析能直接反映各材料的抗寒性强弱;对花器官低温冷冻处理,通过观察其褐变情况也能反映油桃的抗寒性强弱。因此,可将田间耐寒性调查和组织褐变观察作为油桃抗寒性鉴定评价的重要手段。

#### 参考文献:

- [1]林善枝,张志毅,林元震. 植物抗冻蛋白及抗冻性分子改良[J]. 植物生理与分子生物学报,2004,30(3):251-260.
- [2]王少敏,王家喜,高华君. 泰安果树晚霜冻害情况调查[J]. 落叶果树,2001,33(3):12-13.
- [3]王 斌,明桂冬,侯宝顺,等. 鲁西南地区果树冻害情况调查[J]. 落叶果树,2001,33(5):9,10.
- [4]吕鸣铎,曹新仿,刘恒国,等. 2002 年果树晚霜冻害调查[J]. 落叶果树,2002,34(6):8-9.
- [5]杨新国,张开春,秦 岭,等. 桃种质亲缘演化关系的 RAPD 分析[J]. 果树学报,2001,18(5):276-279.
- [6]宗成文,曹后男,赵成日,等. 桃品种种质资源的 RAPD 分析[J]. 南京农业大学学报,2005,28(4):35-39.
- [7]刘志虎. 酒泉地区油桃种质资源调查[D]. 兰州:甘肃农业大学,2005.
- [8]杨春祥. 早熟油桃抗寒性的研究[D]. 泰安:山东农业大学,2005.
- [9]赵红星. 部分柿种质资源抗寒性综合评价[D]. 杨凌:西北农林

科技大学,2010.

- [10]孙 群. 肉制品脂类氧化:硫代巴比妥酸试验测定醛类物质[J]. 食品科学,2002,23(8):331-334.
- [11]王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2006:278-283.
- [12]侯福林. 植物生理学实验教程[M]. 北京:科学出版社,2004:91-92.
- [13]张治安,张美善,蔚荣海. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2004.
- [14]盖钧镒. 试验统计方法[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [15]张文娥,王 飞,潘学军. 应用隶属函数法综合评价葡萄种间抗寒性[J]. 果树学报,2007,24(6):849-853.
- [16]林海明,张文霖. 主成分分析与因子分析的异同和 SPSS 软件[J]. 统计研究,2005(3):65-69.
- [17]陈明贤. 福建省火龙果种质资源 ISSR 分析及耐盐生理研究[D]. 福州:福建农林大学,2012.
- [18]曹帮华. 刺槐抗旱抗盐特性研究[D]. 北京:北京林业大学,2005.
- [19]高永生,王锁民,张承烈. 植物盐适应性调节机制的研究进展[J]. 草业学报,2003,12(2):1-6.
- [20]杨晓慧,蒋卫杰,魏 珉,等. 植物对盐胁迫的反应及其抗盐机理研究进展[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2006,37(2):302-305,308.
- [21]Koca H, Bor M, Özdemir F, et al. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars[J]. Environmental and Experimental Botany, 2007, 60(3):344-351.
- [22]朱世平,陈 娇,马岩岩,等. 柑橘砧木评价及应用研究进展[J]. 园艺学报,2013,40(9):1669-1678.
- [23]李建斌,李兆虎,王 红,等. 耐低温弱光结球甘蓝种质资源评价[J]. 江苏农业学报,2015,31(3):645-652.
- [24]李向前,王 艳,张富春. 棉花耐盐性及抗氧化性研究进展[J]. 生物技术通报,2009(6):20-24.
- [25]张永福,黄鹤平,银立新,等. 冷(热)激对干旱胁迫下玉米活性氧清除及膜脂过氧化的调控机制[J]. 江苏农业科学,2015,43(5):56-60.
- [26]罗 娅,汤浩茹,张 勇. 低温胁迫对草莓叶片 SOD 和 AsA - GSH 循环酶系统的影响[J]. 园艺学报,2007,34(6):1405-1410.
- [27]齐付国,刘小飞,孙景生. 不同供水水平对间作甜瓜叶片活性氧代谢及光合特性的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(9):199-201.
- [28]魏国平,朱月林,刘正鲁,等. 硝酸钙胁迫对营养液栽培嫁接茄子叶片抗坏血酸-谷胱甘肽循环的影响[J]. 植物生态学报,2008,32(5):1023-1030.
- [29]曾 荣,邵 闫,杨 娟,等. 嫁接和喷施抗寒剂对三角梅抗寒性的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):202-204.
- [30]王荣富. 植物抗寒指标的种类及其应用[J]. 植物生理学报,1987(3):51-57.