

王来平,薛晓敏,路超,等. 几种抗逆增强剂对苹果花与幼果抗寒力的效果[J]. 江苏农业科学,2017,45(9):109-112.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.09.029

几种抗逆增强剂对苹果花与幼果抗寒力的效果

王来平,薛晓敏,路超,聂佩显,王金政

(山东省果树研究所,山东泰安 271000)

摘要:以 7 年生天红 2 号/SH40/八棱海棠苹果为试材,花芽膨大期喷施去离子水(CK)、18 mg/L ABA、200 mg/L 甜菜碱、40 mg/L 水杨酸、60 mg/L 芸薹素、200 mg/L 山梨醇等外源物质,分别于花蕾期、盛花期、幼果期采集样品,进行 0、-2、-4、-6、-8 ℃梯度的低温胁迫,测定抗寒相关生理指标,研究不同外源物质对苹果花器官不同发育阶段抗寒力的影响效果。结果发现,随着环境温度的升高,花器官不同发育阶段半致死温度升高,抗寒力降低,即抗寒力花蕾期>盛花期>幼果期;施用外源物质降低了花器官不同发育阶段半致死温度,提高了花器官的抗寒力;5 种外源物质均是通过提高低温胁迫下花器官可溶性糖含量及抗氧化酶 SOD、POD 活性,降低了细胞 MDA 含量和电解质外渗率,从而提高了苹果花器官抗寒力。本试验表明施用 18 mg/L ABA 效果最好,其次是 40 mg/L 水杨酸。

关键词:抗寒力;苹果花期;芸薹素;水杨酸;甜菜碱;山梨醇;ABA

中图分类号: S661.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)09-0109-03

苹果为我国重要的果树树种,山东省、陕西省、甘肃省等苹果主产区花期受寒流侵袭,易遭受低温冻害,导致减产,给生产带来巨大损失。目前,普遍采用施放烟雾、花期喷水等传统方法防止苹果花期冻害,这些方法耗时费力,收效不大。因此,筛选能够有效增强苹果抗寒力的保护剂,不仅能够解决生产实际问题,对于研究低温胁迫基础理论也具有重要意义。芸薹素、水杨酸、甜菜碱、山梨醇、ABA 作为植物抗逆增强剂,在调节植物抗旱、耐盐碱等方面效用明显,调节机理不尽相同,其施用效果也有所差别。有研究表明,ABA 是抗寒基因表达的启动因子,对植物抗寒力的调控起着非常重要的作用^[1-3],甜菜碱作为一种相容性物质对植物的抗逆性起着调节作用。外施 ABA、甜菜碱、水杨酸等能够有效提高植物的抗寒力,这已在番茄、水稻、芝麻等植物上多见报道^[4-6],但这些物质对提高苹果花期抗寒力的效果怎样,有什么样的差别,还未见报道。本研究以 7 年生天红 2 号苹果为材料,探讨了外施芸薹素、水杨酸、甜菜碱、山梨醇、ABA 对苹果花期抗寒力及相关生理指标的影响,以期在选择适宜于苹果的抗逆增强剂提供参考,并为揭示苹果花期抗寒生理特性和提高防冻技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验在山东省果树研究所泰东基地进行,试材为天红 2 号/SH40/八棱海棠,7 年生,生长良好,长势一致,管理水平较高。

1.2 试剂与仪器

收稿日期:2016-11-28

基金项目:山东省农业重大应用技术创新项目。

作者简介:王来平(1983—),男,山东汶上人,硕士,助理研究员,从事果树栽培及逆境生理研究。E-mail:279473389@qq.com。

通信作者:聂佩显,硕士,助理研究员,从事果树栽培生理及果实品质调控研究。E-mail:nieguan2008@163.com。

外源芸薹素、水杨酸、甜菜碱、山梨醇、ABA 由北京鼎国生物技术有限责任公司生产。DDS-11C 型电导仪由上海光学仪器厂生产。

1.3 方法

于 2016 年 3 月中旬花芽膨大期喷施 18 mg/L ABA、200 mg/L 甜菜碱、40 mg/L 水杨酸、60 mg/L 芸薹素、200 mg/L 山梨醇(为多次试验筛选浓度)。试验按 3 株每小区,3 次重复,随机区组设计。喷施后在显蕾期、盛花期和幼果期分别采集花蕾、花朵和幼果作为试样,在低温冰箱中进行低温胁迫处理,设置 0、-2、-4、-6、-8 ℃梯度的胁迫。冰箱放入材料时温度为室温,然后进行降温,降温速度 2 ℃/h,达到所需处理温度后维持 8 h,之后,切断电源,冰箱温度自然回升至室温,取出材料,将材料室内静置 10 h,进行各生理指标测定。

采用杨向娜的方法^[7]进行电解质渗出率测定,电解质渗出率=(煮沸前的电导值/煮沸后的电导值)×100%。对电解质渗出率配以 Logistic 方程 $y = k / (1 + ae^{-bx})$,用拟合的 Logistic 方程的拐点温度表示组织的半致死温度 LT_{50} ^[8]。式中,y 表示电导率,x 表示处理温度,k、a、b 为常数,e 为自然对数。可溶性糖含量用蒽酮比色法测定^[9];丙二醛含量用硫代巴比妥酸 TBA 显色法测定;SOD 酶活性用氮兰四唑(NBT)显色法测定;POD 酶活性用愈创木酚比色法测定。

2 结果与分析

2.1 不同处理下苹果花、幼果电解质渗出率

在不同程度低温胁迫下,苹果花蕾、花朵和幼果的电解质渗出率变化趋势一致,均随温度的下降而上升,说明随着低温胁迫的加剧,低温对花器官不同发育时期细胞的伤害逐渐增加(表 1)。喷施各调节剂后,苹果花蕾、花朵和幼果电解质渗出率均显著小于对照,说明各调节剂能缓解低温对苹果细胞造成的伤害。花器官不同发育阶段,低温下电解质渗透率不同,花蕾期<盛花期<幼果期,说明花器官在不同的发育阶段

抗寒力花蕾期>盛花期>幼果期。比较各调节剂处理下电解质渗透率发现 ABA 处理的渗透率最低,说明 ABA 在提高苹果花器官抗寒力方面效果最好,在 0℃ 到-6℃ 的低温胁迫

下水杨酸处理效果优于芸薹素、甜菜碱、山梨醇,在-8℃ 低温胁迫下水杨酸和甜菜碱效果没有显著差别,二者均优于山梨醇和芸薹素。

表 1 不同处理下苹果花蕾、花朵及幼果电解质渗出率

温度 (℃)	电解质渗出率(%)																	
	CK			芸薹素			山梨醇			甜菜碱			水杨酸			ABA		
	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果
0	2.7f	4.5e	7.6a	1.3i	3.1f	6.2b	1.3i	3.0f	5.8bc	1.2i	2.8f	5.5c	1.0h	2.5f	5.5c	0.8j	2.1g	5.0d
-2	3.8i	7.1e	11.2a	2.5j	5.8g	9.3b	2.4i	5.5g	8.8c	2.4i	4.6h	7.6d	2.3i	4.4h	7.0e	2.0j	4.1i	6.5f
-4	7.5h	13.1b	15.3a	5.5j	10.2d	13.6b	4.0k	7.1h	11.2c	3.3l	6.0i	9.6e	3.5l	5.8ij	9.1f	2.6m	5.0f	8.0g
-6	15.6f	20.4b	23.8a	10.4h	17.3cd	19.7b	10.1h	17.4cd	19.6b	9.7h	15.0f	17.7c	9.5hi	14.9f	17.0d	8.4j	12.9g	16.0e
-8	16.0h	23.6b	26.7a	13.2i	22.3c	24.1b	13.3i	22.1c	23.9b	11.2j	20.1e	21.7d	11.1j	19.8e	21.6d	9.5k	17.4g	18.0f

注:同行不同小写字母表示 0.05 水平上差异显著。下表同。

2.2 不同处理对苹果花、幼果半致死温度的影响

采用电解质渗出率及 Logistic 回归方程,求得苹果花蕾、花朵和幼果的半致死温度(LT₅₀)(表 2)。从表 2 可以看出,不同处理下花和幼果的半致死温度大小为花蕾<花朵<幼果,表明苹果在器官发育过程中,随着环境温度的上升,器官不同发育时期半致死温度逐渐升高,抗寒性逐渐降低。喷施调节剂后,苹果花蕾、花朵和幼果的半致死温度较对照均明显降低(α=0.05),表明外源芸薹素、水杨酸、甜菜碱、山梨醇、ABA 均能提高苹果的抗寒力,其中 ABA 处理施用效果最佳,其次是水杨酸。

2.3 不同处理对苹果及幼果 MDA 含量的影响

MDA 是衡量逆境条件下植物细胞膜膜脂过氧化程度的指标。在不同程度低温胁迫下,苹果花蕾、花朵和幼果的 MDA 含量变化趋势一致,均随温度的下降而上升(表 3)。说明随着低温胁迫的加剧,苹果花不同发育阶段细胞膜膜脂过氧化程度增加,细胞伤害逐渐加重。喷施调节剂后,苹果花蕾、花朵和幼果 MDA 含量均显著小于对照,说明调节剂能缓解低温对植物细胞造成的伤害,低温胁迫下 MDA 含量依次为花蕾期<盛花期<幼果期。比较各调节剂处理下 MDA 含量,外源 ABA 处理 MDA 含量最低,说明施用效果最好。

表 2 不同处理下苹果花及幼果低温胁迫半致死温度

处理	花器官	Logistic 方程	符合度 R	半致死温 度(℃)
CK	花蕾	$y = 94.32(1 + 33.01e^{0.2247x})$	0.876 2	-4.53
	花朵	$y = 56.99(1 + 102.33e^{0.2468x})$	0.923 1	-4.01
	幼果	$y = 70.54(1 + 37.14e^{0.3371x})$	0.905 4	-3.85
芸薹素	花蕾	$y = 73.31(1 + 20.04e^{0.2018x})$	0.921 8	-5.07
	花朵	$y = 62.40(1 + 110.76e^{0.3946x})$	0.931 1	-4.18
	幼果	$y = 54.24(1 + 10.28e^{0.9927x})$	0.994 0	-4.11
山梨醇	花蕾	$y = 68.41(1 + 50.31e^{0.8235x})$	0.874 6	-5.08
	花朵	$y = 50.30(1 + 24.67e^{0.4785x})$	0.943 3	-4.18
	幼果	$y = 25.76(1 + 30.27e^{0.3516x})$	0.927 8	-4.12
甜菜碱	花蕾	$y = 44.21(1 + 54.24e^{0.3341x})$	0.889 7	-5.32
	花朵	$y = 88.79(1 + 17.62e^{0.8530x})$	0.926 7	-4.61
	幼果	$y = 65.34(1 + 24.71e^{0.9985x})$	0.921 2	-4.45
水杨酸	花蕾	$y = 60.15(1 + 22.37e^{0.4461x})$	0.926 7	-5.40
	花朵	$y = 72.61(1 + 86.25e^{0.4733x})$	0.954 1	-4.73
	幼果	$y = 91.24(1 + 6.887e^{0.4928x})$	0.960 2	-4.64
ABA	花蕾	$y = 32.48(1 + 18.81e^{0.4673x})$	0.918 1	-5.76
	花朵	$y = 66.47(1 + 19.77e^{0.3947x})$	0.905 7	-5.07
	幼果	$y = 47.51(1 + 71.22e^{0.4085x})$	0.934 5	-4.93

表 3 不同处理对苹果花蕾、花朵及幼果 MDA 含量的影响

温度 (℃)	MDA 含量(mmol/g)																	
	CK			芸薹素			山梨醇			甜菜碱			水杨酸			ABA		
	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果
0	50.2e	55.3d	78.5a	44.5f	50.2e	67.4b	37.3g	47.4ef	60.5c	32.2h	45.0f	57.2	30.5h	50.0e	55.4d	28.8i	41.0f	47.5e
-2	57.1e	66.5cd	86.7a	50.3f	55.4e	72.8b	40.1h	53.7ef	69.1bc	38.8hi	50.8f	66.7cd	35.4ij	48.8f	63.8d	31.5j	45.2g	57.3e
-4	67.8d	75.8c	101.2a	55.5f	60.3e	84.5b	53.4g	58.3ef	78.7bc	48.7h	55.3f	75.6c	47.8h	53.7g	77.2c	41.9i	50.8h	64.8de
-6	80.2ef	86.1cd	110.6a	69.7g	77.8f	93.6b	65.7hi	70.4g	88.6c	62.6ij	67.6gh	84.7cd	60.0j	65.2hi	82.4de	52.6k	60.5j	77.3f
-8	82.4d	90.6c	114.7a	70.1f	78.5de	95.7b	66.5gh	71.1f	89.1c	64.3h	68.8fg	90.6c	61.7h	67.9fg	81.5d	56.4i	61.3h	76.4e

2.4 不同处理对苹果花、幼果可溶性糖含量的影响

可溶性糖是植物重要的渗透调节物质,是衡量植物抗逆性强弱的重要指标之一。表 4 表明,在低温胁迫下,苹果花蕾、花朵和幼果的可溶性糖含量均随温度的下降而上升,说明随着低温胁迫的加剧,苹果渗透调节能力逐渐增强。喷施各调节剂后,苹果花蕾、花朵和幼果可溶性糖含量均高于对照,说明各调节剂能增强低温胁迫下花和幼果渗透调节能力。花和幼果低温下渗透调节能力不同,其中花蕾期>盛花期>幼果期。各调节剂处理下以外源 ABA 处理可溶性糖含量最高,

说明其施用效果最好。

2.5 不同处理对苹果花及幼果抗氧化酶活性的影响

逆境条件下,植物抗氧化酶活性增强,清除由于逆境而产生的过多的活性氧(ROS),防止活性氧对细胞产生伤害。表 5 和表 6 表明,在低温胁迫下,苹果花蕾、花朵和幼果的 SOD 和 POD 活性均随温度的下降而呈现先上升后下降的趋势,说明低程度的低温胁迫下,苹果抗氧化酶活性逐渐增强,随着胁迫程度加重,酶蛋白遭到破坏,活性降低。喷施各调节剂后,苹果花蕾、花朵和幼果 SOD、POD 活性均高于对照,说明各调

表 4 不同处理对苹果花及幼果可溶性糖含量的影响

温度 (℃)	可溶性糖含量(mg/g)																	
	CK			芸薹素			山梨醇			甜菜碱			水杨酸			ABA		
	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果
0	48.5e	40.3g	33.2h	56.3d	48.5e	40.2g	51.3ahd	47.3ef	40.5f	63.3c	55.0d	43.6fg	71.9b	62.8c	46.5ef	87.9a	69.5b	54.5d
-2	66.2h	56.7i	48.3j	98.5f	78.4g	640.2	101.5ef	76.0g	66.0h	125.8c	99.4f	80.1g	137.6b	113.5d	92.7f	155.8a	124.3c	108.7de
-4	88.3h	73.1i	62.8j	129.8e	114.2f	991.5g	127.3ed	113.6f	100.7g	158.4c	134.3d	112.5f	187.2b	162.8c	138.5d	216.7a	183.4b	155.5c
-6	97.4g	78.6h	65.2i	135.6e	119.5f	107.7g	137.4e	120.1f	109.5g	177.5c	154.8d	133.7e	227.9b	183.4c	151.3e	268.4a	225.6b	184.5c
-8	101.8h	81.5i	65.4j	140.2f	121.7g	107.8h	139.6f	122.7g	110.2h	184.6d	164.6e	138.1f	235.0b	194.5c	158.8e	277.2a	230.2b	193.6c

剂均能增强低温胁迫下苹果花器官抗氧化酶活性,提高其抗寒力。比较各调节剂处理下抗氧化酶活性,施用 ABA 处理抗氧化酶活性显著高于其他处理,施用效果最好。在 0℃ 到 -2℃ 的低温胁迫下水杨酸处理抗氧化酶 SOD、POD 活性高于

芸薹素、甜菜碱、山梨醇处理,但是在 -2℃ 到 -8℃ 的低温胁迫下,甜菜碱处理的抗氧化酶 SOD、POD 活性显著高于水杨酸、芸薹素和山梨醇。这可能是因为甜菜碱具有维持蛋白结构稳定的功能^[10],低温胁迫下能更好维持抗氧化酶功能。

表 5 不同处理下苹果花及幼果 SOD 活性

温度 (℃)	SOD 活性[U/(g·h)]																	
	CK			芸薹素			山梨醇			甜菜碱			水杨酸			ABA		
	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果
0	80.3fg	68.4h	57.0i	89.4ef	78.6g	68.2h	88.2ef	79.6g	68.8h	98.5cd	81.4fg	71.6gh	107.5b	90.5d	81.1fg	110.6a	100.7bc	90.0de
-2	91.2f	81.1g	70.6h	118.7cd	106.4e	94.3f	116.7d	101.3e	94.3f	125.0c	112.7d	100.2ef	138.6b	121.5c	104.7e	145.5a	133.1b	115.4d
-4	111.5gh	99.2i	86.3j	136.4d	120.7f	109.4h	134.8de	122.6f	109.4h	155.5b	141.8c	128.5e	144.8cd	130.0de	117.3fg	167.7a	151.3b	136.6d
-6	100.0ef	89.5g	76.8h	119.3bc	103.6ef	910.5fg	118.5bc	106.3de	930.5fg	134.6a	118.2bc	101.8fg	123.4b	106.7de	92.2fg	134.6a	114.4c	100.1ef
-8	78.6cf	70.9f	65.4fg	91.6b	81.3c	75.7	92.4b	82.4c	75.7cf	108.1a	95.9b	830.4	97.4b	82.2c	76.3cf	105.5a	91.9b	80.6c

表 6 不同处理下苹果花及幼果 POD 活性

温度 (℃)	POD 活性[U/(g·h)]																	
	CK			芸薹素			山梨醇			甜菜碱			水杨酸			ABA		
	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果	花蕾	花朵	幼果
0	5.21f	4.58g	2.25h	8.21c	7.09d	4.05g	8.16c	7.33d	4.11g	8.51c	7.25d	4.26g	9.28b	8.38c	5.12f	10.83a	9.52b	6.41e
-2	6.02f	4.94gh	2.78i	8.67d	7.55e	4.65h	8.79d	7.72e	4.68h	9.36c	8.40d	5.07g	10.21b	9.12c	5.97f	10.84a	10.06b	7.25e
-4	6.71g	5.53h	3.21i	10.04d	9.15e	5.32h	9.93d	9.11e	5.40h	12.44b	11.07c	7.24g	12.08b	10.83c	6.85g	14.33a	12.67b	8.42f
-6	5.51h	4.32i	2.17j	8.64d	7.40e	4.79i	8.78d	7.62e	4.46i	10.88b	9.72c	6.86f	10.13c	9.10d	6.02g	11.77a	10.67b	7.31e
-8	4.28f	3.43g	1.08l	7.25d	6.30e	2.38h	7.57cd	6.35e	2.35h	8.96a	7.73c	4.05f	8.21b	7.11d	3.27g	9.07a	7.95bc	4.18f

3 讨论

低温胁迫下植物细胞膜的结构遭受破坏,且破坏程度随胁迫程度的增加而增大。细胞内电解质外渗率是衡量细胞膜结构破坏程度的指标之一,比较相同胁迫水平下电解质的外渗率,是评价植物抗寒力的一种有效手段^[11]。用电解质渗出率及 Logistic 方程求得半致死温(LT₅₀),是鉴定植物抗寒性强弱的常用方法,已被广泛应用^[12]。植物处于逆境条件下,细胞内自由基清除与产生的平衡被打破,活性氧自由基逐渐积累,对细胞结构产生伤害。细胞膜系统首先受伤害,造成膜内离子渗出和膜脂的过氧化。而作为膜脂过氧化的中间产物之一的MDA,使生物膜受到的伤害进一步加剧^[13]。SOD 和 POD 是防御膜脂过氧化作用的重要保护被,是清除逆境下产生的活性氧自由基的关键酶。提高逆境下植物体内清除活性氧自由基的 SOD 和 POD 等保护酶活性,就可以减轻膜脂的过氧化程度,降低活性氧自由基对细胞结构的伤害,提高植物的抗逆性^[14]。本试验中,施用外源芸薹素、水杨酸、甜菜碱、山梨醇、ABA 降低了苹果花蕾、花朵和幼果的电解质渗出率,SOD 和 POD 酶的活性增强,减缓了 MDA 的积累,增加了可溶性糖的含量,降低了半致死温度,提高了苹果的抗寒性。这在番

茄、芝麻、水稻、香蕉等植物上的研究结论基本一致^[15-17]。

本研究还发现,外源芸薹素、水杨酸、甜菜碱、山梨醇、ABA 对于提高苹果抗寒性效果有所差异,在本试验中,施用外源 ABA 处理效果最佳,其次是水杨酸。施用甜菜碱处理对于抗氧化酶保护有着显著的作用,显著优于芸薹素、水杨酸、山梨醇,可能是因为甜菜碱具有维持蛋白结构稳定的功能^[10],低温胁迫下能更好地维持抗氧化酶功能。因此,生产中施用调节剂可以有选择地进行复配,以提高施用效果。

参考文献:

[1] 彭艳华,黄永秀. 脱落酸应答基因的结构,表达调控及信号转导[J]. 植物生理学通讯,1996,32(2):155-158.
[2] 谢吉容,向邓云,梅 虎,等. 南方红豆杉抗寒性的变化与内源激素的关系[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2002,27(2):231-234.
[3] 郭风领,卢育华,李宝光. 外源 ABA 对番茄苗期和开花期抗冷特性的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2000,31(4):357-362.
[4] 党秋玲,余 超,王祯丽. ABA 处理种子对加工番茄幼苗抗寒力及相关生理指的影响[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2005,23(3):349-351.

袁颖丹,李 志,胡冬南,等. 铁皮石斛仿生栽培越冬效果研究[J]. 江苏农业科学,2017,45(9):112-114.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.09.030

铁皮石斛仿生栽培越冬效果研究

袁颖丹,李 志,胡冬南,郭晓敏

(江西农业大学林学院,江西南昌 330045)

摘要:以枫香、杉木、樟树、马尾松作为铁皮石斛附生树种,以草绳、草绳+水苔、木屑、混合基质作为铁皮石斛上树方式,就不同附生树种和上树方式在越冬时期的生长情况进行了试验、观测、分析。研究发现,4种附生树种均可作为铁皮石斛的附生树种,可优先选择枫香作为铁皮石斛的附生树种。对于不同的上树方式而言,以“杯式”混合基质为上树方式生长状况最好。

关键词:铁皮石斛;仿生栽培模式;附生树种;上树方式

中图分类号: S682.31 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)09-0112-03

铁皮石斛(*Dendrobium officinale* Kimura et Migo),别称黑节草、云南铁皮,属微子目,兰科多年生附生草本植物^[1];茎直立,圆柱形,长9~35 cm,粗2~4 mm,萼片和花瓣黄绿色,近相似,长圆状披针形,长约1.8 cm,宽4~5 mm,花期3—6月^[2]。其茎入药,味甘,性微寒,归胃经、肾经,具有益胃生津、滋阴清热的功效。进入新世纪以来,随着栽培技术的突破,铁皮石斛产业得到了快速的发展,全国现有种植面积突破2 000 hm²,浙江省、云南省、广东省、安徽省、湖南省、福建省、江苏省、四川省均有栽培,产值突破30亿元,成为我国产销量最大、发展最快的中药材之一,并因地制宜地创造出系列栽培模式^[3]。

铁皮石斛的仿生栽培是指根据植物生长需要较强庇荫的特点,利用乔木树冠遮荫,将植株附生于树干、树枝或树杈上,以仿造其自然生境而进行的一种栽培方式。铁皮石斛对生长环境和气候条件要求十分苛刻,喜温暖湿润、通风、透气透水的环境^[4]。铁皮石斛适宜生长在空气湿度较高,但又不耐水渍的地方,相对湿度维持在60%~80%之间最好,根部含水量也不宜过多,水分过多根部容易腐烂,在冬季铁皮石斛几乎停止生长故而也不需要过多的水分,其含水量在30%较为适宜。林间透光度在70%~80%,光照一般为漫射光、散射光,光照度为3 000~5 000 lx,尤其对生长温度有严格的要求,过高或过低的温度都不适宜生长,最适宜的生长季节温度在20~25℃,不同地区的温度耐受能力不同,温度过低,植株容易冻伤甚至冻死^[4]。

马尾松为我国特有的常绿乔木^[5],在我国南方地区广为分布,其面积居全国针叶林首位。本试验以枫香、杉木、樟树、马尾松为附生树种,研究不同上树方式对铁皮石斛苗茎长、茎粗、茎节数量等生长指标的影响,筛选出适合铁皮石斛仿生栽培越冬的树种和上树方式。

收稿日期:2016-03-04

基金项目:国家自然科学基金(编号:31360177);江西省研究生创新专项(编号:YC2015-S189)。

作者简介:袁颖丹(1993—),女,江西瑞金人,硕士研究生,从事林业生态工程研究。E-mail:yydjxau@163.com。

通信作者:郭晓敏,博士,教授,从事经济林研究。E-mail:gxmjxau@163.com。

[5]曾韶西,王以柔,李美茹,等. 冷锻炼和ABA诱导水稻幼苗提高抗冷性期间膜保护系统的变化[J]. 热带亚热带植物学报,1994,2(1):44-50.

[6]李亚男,陈大清,胡培丽. ABA和6-BA对不同温度条件下芝麻幼苗某些生理指标的影响[J]. 长江大学学报(自然科学版),2005,2(8):67-68,75.

[7]杨向娜,魏安智,杨途熙,等. 仁用杏3个生理指标与抗寒性的关系研究[J]. 西北林学院学报,2006,21(3):30-33.

[8]龚月桦,周永学,樊军锋,等. 美国黄松、班克松和油松的抗寒性比较[J]. 应用生态学报,2006,17(8):1389-1392.

[9]高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安:世界图书出版公司,2000.

[10]侯彩霞,於新建,李 荣,等. 甜菜碱稳定PSⅡ放氧中心外周多肽机理[J]. 中国科学:C辑,1998,28(4):355-361.

[11]聂庆娟,孟 朝,梁海永,等. 低温胁迫对4种常绿阔叶植物膜脂过氧化及保护酶活性的影响[J]. 植物研究,2007,27(5):

578-581.

[12]赵习平,刘铁铮,付雅丽. 杏树花期霜冻危害及其抗寒性研究进展[J]. 江西农业学报,2007,19(11):33-35.

[13]和红云,田丽萍,薛 琳. 植物抗寒性生理生化研究进展[J]. 天津农业科学,2007,13(2):10-13.

[14]王燕凌,廖 康,刘 君,等. 越冬前低温锻炼期间不同品种葡萄枝条中渗透性物质和保护酶活性的变化[J]. 果树学报,2006,23(3):375-378.

[15]白 洁,蒋卫杰,余宏军,等. 外源ABA、Put和BR对亚适温条件下番茄幼苗叶片保护酶活性的影响[J]. 中国农学通报,2007,23(6):317-320.

[16]詹嘉红,蓝宗辉. 外源ABA对低温胁迫水稻幼苗酯酶同工酶的影响[J]. 生物技术,2000,10(4):19-21.

[17]周玉萍,郑燕玲,田长恩,等. 脱落酸、多效唑和油菜素内酯对低温期间香蕉过氧化物酶和电导率的影响[J]. 广西植物,2002,22(5):444-448.