

九种景天植物在越冬期间生理生化指标的变化

王 倩, 冷平生, 关雪莲, 薛 媛, 侯爱娟

(北京农学院 园林学院, 北京 102206)

摘 要: 为了调查园林绿化植物景天的耐寒性, 该试验测定了秋冬季自然降温过程中 9 种景天植物叶片生理生化指标的变化。结果表明: 随着温度的变化, 叶绿素含量变化呈现整体下降和整体先下降再上升再下降 2 种变化趋势。低温对 9 种景天的花青素和 MDA 含量影响都不显著。可溶性蛋白含量呈先上升再下降的变化趋势。其中石景天的脯氨酸和可溶性蛋白含量在整个试验阶段都显著高于其它景天。SOD、CAT 活性整体表现出先上升后下降的趋势, 其中‘胭脂红’景天与松塔景天在 2 个低温阶段 CAT、SOD 活性显著高于其它景天。而同期石景天 CAT 活性变化显著高于其它景天, 但 SOD 活性变化却不显著。

关键词: 景天; 自然低温; 生理生化; 耐寒性

中图分类号: S 682.1⁺9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)19-0114-04

景天科植物大多原产温带, 在亚热带地区多能保持冬季常绿, 如‘胭脂红’景天(*Sedum spurium*) 在江苏省地区露地栽培越冬良好^[1]。但在北方地区冬季寒冷而漫长, 地上部分多枯死, 能够露地栽培越冬的种类极少。梁明霞仅对石景天、‘胭脂红’景天、‘光亮’假景天、六棱景天、反曲景天、‘播种’景天、德国景天、八宝景天、联合勘察加景天和垂盆草 10 种景天的春季返青率作了初步的统计, 得出石景天、八宝景天和联合勘察加景天 3 种景天越冬性最强^[2]。因此引进筛选抗寒性强的景天种类对丰富园林植物材料, 发挥景天养护成本低、景观效果好的优点, 对生态园林建设具有十分重要意义。

景天科植物是 CAM 代谢类型, 多生于极端环境, 尤其对干旱环境的适应能力极强^[3], 由于景天酸代谢途径特殊, 其对逆境的响应也可能有其特殊性, Gravatt 对景天属植物抗旱方面生理生化特性进行了研究^[4], 但抗寒性相关的研究报道较少见。该研究拟对 9 种景天科植物在露地越冬条件下生理生化指标的变化进行分析, 为对其抗寒性评价与抗寒机理提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用八宝景天(*Hylotelephium erythrostictum*)、石景天(*Sedum acre*)、‘红毯’白景天(*S. album* cv. Coral

Carpet)、粗壮景天(*S. aauticola* cv. Praeger Robustum)、德国景天(*S. gynrasegetum*)、联合勘察加景天(*S. kamtschaticum* Subsp. Ellacombianum)、‘胭脂红’景天(*S. spurium* cv. Coccineum.)、松塔景天(*S. sediforme*)、六棱景天(*S. sexangulare*) 共 9 种景天属植物为试验材料, 于 2009 年初夏将购进的景天苗种植于北京农学院试验地。

1.2 试验方法

从 2009 年 10 月 16 日至 2010 年 1 月 20 日进行露地越冬试验, 约每半个月采集 9 种景天植物成熟叶样 1 次, 对叶片叶绿素、花青素、丙二醛(MDA)、脯氨酸和可溶性蛋白的含量, 以及 SOD 和 CAT 酶活性等指标进行测定。

叶片各指标测定方法主要参照《植物生理学实验技术》^[5]: 叶绿素测定采用乙醇浸泡法; 花青素测定采用盐酸浸泡法^[6]; 丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸(TBA)法; 游离脯氨酸含量的测定采用磺基水杨酸提取法; 可溶性蛋白含量测定采用紫外吸收法; 超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑(NBT)法; 过氧化氢酶(CAT)活性测定采用紫外吸收法。

2 结果与分析

2.1 9 种景天叶片色素含量的动态变化

由表 1 可知, 联合勘察加景天、德国景天、粗壮景天和八宝景天 4 种景天的叶绿素含量整体呈下降趋势, 在 12 月 1 日小幅回温时叶绿素含量都有所增加, 随后又下降, 其最高下降幅度达 8.7 mg/mL。而其它景天总体呈先下降再上升再下降的趋势, 最初上升的时间也出现在 12 月 1 日, 石景天、松塔景天及六棱景天叶绿素含量在

第一作者简介: 王倩(1986-), 女, 内蒙古赤峰人, 硕士, 研究方向为园林植物生理与生态学。

通讯作者: 冷平生(1964-), 男, 江西修水人, 教授, 研究方向为园林生态学。

基金项目: 北京市属高等学校人才强教计划资助项目(PXM 2009-014207-076874)。

收稿日期: 2010-06-21

表 1

9 种景天叶片叶绿素含量在越冬期间的变化

mg/ mL

种/ 品种	日期							
	2009 年 10 月 16 日	11 月 3 日	11 月 11 日	12 月 1 日	12 月 17 日	12 月 30 日	2010 年 1 月 8 日	1 月 20 日
联合勘察加景天	5.2±0.05	5.1±0.03	2.8±0.03	4.9±0.03	3.1±0.03	—	—	—
德国景天	13.4±0.1	7.8±0.1	3.6±0.1	6.3±0.5	4.7±0.3	—	—	—
粗壮景天	3.1±0.01	1.1±0.01	0.9±0.06	1.2±0.02	1.1±0.08	—	—	—
八宝景天	6.2±0.07	5.1±0.1	3.3±0.02	4.7±0.04	3.9±0.04	2.8±0.05	—	—
‘胭脂红’ 景天	10.4±0.09	6.1±0.03	7.7±0.04	10.7±0.02	13.5±0.04	18.6±0.1	—	—
‘红毯’ 白景天	5.8±0.06	2.9±0.02	6.8±0.07	7.6±0.04	11.5±0.04	13.7±0.01	—	—
松塔景天	7.7±0.03	8.1±0.01	5.6±0.01	6.9±0.03	10.8±0.07	14.1±0.2	36.8±0.6	13.6±0.06
石景天	9.7±0.7	7.5±0.4	7.3±1.03	8.3±0.02	11.7±0.05	15.3±0.2	25.1±0.3	16.4±0.07
六棱景天	9.5±0.3	7.4±0.3	8.1±0.3	9.3±0.07	13.9±0.05	16.4±0.1	22.6±0.8	17.7±0.04

注“—”表示植株死亡。下表同。

1 月 8 日达最高, 与最初相比, 松塔景天叶绿素含量增加幅度最大, 达 29.1 mg/mL。1 月 20 日叶绿素含量又都下降。

由表 2 可知, 低温对 9 种景天的花青素含量影响都不显著。‘胭脂红’ 景天的花青素含量在整个阶段都显著高于其它景天, 但其本身在各时期花青素含量变化幅度不大, 在 11 月 3 日达最小值 5.4 mg/L, 在 12 月 1 日

达到最大值为 9.3 mg/L。
2.2 景天叶片 MDA 含量的动态变化
由表 3 可知, 低温对 9 种景天的 MDA 含量影响都不显著。‘胭脂红’ 景天的 MDA 含量在整个阶段都显著高于其它景天, 但其本身在各时期 MDA 含量变化幅度不大, 最小值出现在 11 月 3 日为 18.2 μmol/g, 最大值出现在 12 月 1 日为 28.7 μmol/g。

表 2

9 种景天叶片花青素含量在越冬期间的变化

mg/ L

种/ 品种	日期							
	2009 年 10 月 16 日	11 月 3 日	11 月 11 日	12 月 1 日	12 月 17 日	12 月 30 日	2010 年 1 月 8 日	1 月 20 日
联合勘察加景天	0.3±0.03	0.3±0.05	0.6±0.06	0.8±0.04	0.9±0.04	—	—	—
德国景天	5.9±0.4	1.2±0.2	1.9±0.1	1.1±0.06	1.3±0.03	—	—	—
粗壮景天	0.7±0.1	0.8±0.1	0.6±0.08	0.9±0.06	1.1±0.01	—	—	—
八宝景天	0.6±0.2	0.3±0.2	0.5±0.1	1.9±0.5	0.7±0.03	0.6±0.02	—	—
‘胭脂红’ 景天	6.9±0.4	5.4±0.3	6.7±1.1	9.3±0.9	8.7±1.7	6.5±1.9	—	—
‘红毯’ 白景天	0.4±0.06	0.5±0.2	0.2±0.08	0.6±0.2	0.9±0.04	1.4±0.2	—	—
松塔景天	0.9±0.3	0.2±0.09	0.3±0.1	0.6±0.02	0.7±0.01	0.8±0.3	1.8±0.4	0.8±0.03
石景天	0.5±0.02	0.5±0.07	0.7±0.01	0.8±0.2	0.7±0.09	0.7±0.05	0.6±0.07	1.2±0.3
六棱景天	0.6±0.04	1.9±0.2	2.9±0.09	1.1±0.3	2.3±0.2	1.2±0.1	2.3±0.06	1.8±0.7

表 3

景天叶片 MDA 含量在越冬期间的变化

μmol * g⁻¹

种/ 品种	日期							
	2009 年 10 月 16 日	11 月 3 日	11 月 11 日	12 月 1 日	12 月 17 日	12 月 30 日	2010 年 1 月 8 日	1 月 20 日
联合勘察加景天	0.9±0.1	1.8±0.3	5.1±0.2	5.5±0.1	3.4±0.4	—	—	—
德国景天	5.9±0.5	1.6±0.1	3.6±0.4	4.9±0.1	3.6±0.3	—	—	—
粗壮景天	3.5±0.9	0.1±0.01	1.3±0.2	1.9±0.05	1.5±0.2	—	—	—
八宝景天	1.1±0.3	0.2±0.1	1.1±0.1	0.4±0.07	1.6±0.1	1.5±0.1	—	—
‘胭脂红’ 景天	20.9±0.7	18.2±0.4	23.9±0.4	28.7±0.9	27.4±1.1	20.8±0.7	—	—
‘红毯’ 白景天	1.6±0.6	0.7±0.2	1.1±0.1	2.4±0.2	1.7±0.2	2.2±0.1	—	—
松塔景天	0.9±0.3	1.1±0.1	2.1±0.3	2.3±0.1	1.8±0.1	1.6±0.1	2.9±0.04	1.4±0.05
石景天	2.7±0.3	6.1±0.7	7.9±0.1	1.9±0.3	1.9±0.07	1.6±0.02	4.4±0.1	1.3±0.06
六棱景天	2.7±0.4	4.1±0.2	7.1±1.0	3.8±0.4	4.2±0.1	6.6±0.1	7.1±0.4	8.1±0.1

2.3 景天叶片脯氨酸和蛋白质含量的动态变化
由表 4 可知 联合勘察加景天、德国景天、粗壮景天、八宝景天及‘胭脂红’ 景天的叶片脯氨酸含量呈先上升再下降变化趋势, 其最大值均出现在 12 月 1 日。‘红毯’ 白景天、松塔景天、石景天及六棱景天叶片脯氨酸含量呈先上升再下降再上升再下降的变化趋势, 最大值分别出现在 11 月 11 日和 12 月 30 日。由表 5 可知, 9 种景天叶片可溶性蛋白含量呈先上升再下降的变化趋势。最大值均出现在 12 月 17 日。其中石景天脯氨酸和蛋白

质含量均显著高于其它景天。
2.4 叶片 SOD、CAT 酶活性的动态变化
由表 6、7 可知, 随着温度的变化, SOD、CAT 活性整体表现出先上升后下降的趋势, 其中‘胭脂红’ 景天与松塔景天在 2 个低温阶段 CAT、SOD 活性显著高于其它景天, SOD 和 CAT 活性最大值分别为 241.4、171.1 U/g, 最小值分别为 77.5、28.5 U/g。石景天 CAT 活性变化也较显著, 但其 SOD 活性变化不显著。

表 4		9 种景天叶片脯氨酸含量在越冬期间的变化							μg/ g
种/ 品种	日期								
	2009 年 10 月 16 日	11 月 3 日	11 月 11 日	12 月 1 日	12 月 17 日	12 月 30 日	2010 年 1 月 8 日	1 月 20 日	
联合勘察加景天	4.1±1.6	6.9±1.4	14.9±1.8	27.9±1.1	22.9±1.0	—	—	—	
德国景天	3.4±0.7	5.1±0.8	8.7±0.6	17.2±1.4	5.9±0.1	—	—	—	
粗壮景天	7.1±1.1	11.8±1.3	13.6±0.8	16.1±0.6	5.1±0.1	—	—	—	
八宝景天	3.9±0.5	7.8±4.1	14.3±3.2	22.9±0.8	19.2±0.5	15.7±0.8	—	—	
‘胭脂红’ 景天	4.7±1.3	15.1±2.9	27.4±3.4	59.5±7.0	42.4±6.0	36.2±9.7	—	—	
‘红毯’ 白景天	13.2±2.5	15.2±2.2	5.6±1.1	7.8±0.2	24.2±7.9	15.1±0.1	—	—	
松塔景天	5.6±1.3	11.9±1.3	13.7±0.2	12.1±0.4	34.3±4.6	47.5±1.5	23.2±2.5	27.9±3.8	
石景天	28.9±1.4	41.9±1.9	51.2±0.6	24.8±5.6	47.2±1.0	72.4±11.0	26.1±7.4	21.2±0.6	
六棱景天	19.6±1.3	30.1±0.9	36.9±2.0	25.6±1.4	32.3±1.5	44.4±9.3	37.7±5.7	38.8±4.7	

表 5		9 种景天叶片可溶性蛋白含量在越冬期间的变化							mg/ mL
种/ 品种	日期								
	2009 年 10 月 16 日	11 月 3 日	11 月 11 日	12 月 1 日	12 月 17 日	12 月 30 日	2010 年 1 月 8 日	1 月 20 日	
联合勘察加景天	0. 4±0. 015	0. 5±0. 04	0. 8±0. 01	1. 0±0. 081	1. 1±0. 063	—	—	—	
德国景天	0. 6±0. 027	0. 6±0. 0006	0. 7±0. 028	1. 2±0. 048	1. 3±0. 008	—	—	—	
粗壮景天	0. 1±0. 003	0. 1±0. 014	0. 1±0. 004	0. 2±0. 001	0. 2±0. 002	—	—	—	
八宝景天	0. 1±0. 007	0. 1±0. 0004	0. 1±0. 006	0. 1±0. 003	0. 2±0. 002	0. 1±0. 0004	—	—	
‘胭脂红’ 景天	0. 8±0. 016	0. 9±0. 005	0. 6±0. 02	1. 7±0. 008	1. 8±0. 026	0. 6±0. 093	—	—	
‘红毯’ 白景天	0. 4±0. 005	0. 5±0. 007	0. 4±0. 015	0. 8±0. 0003	1. 1±0. 0007	0. 3±0. 004	—	—	
松塔景天	0. 2±0. 003	0. 3±0. 002	0. 2±0. 003	0. 2±0. 0007	0. 4±0. 005	0. 3±0. 004	0. 4±0. 02	0. 3±0. 01	
石景天	1. 4±0. 133	3. 2±0. 104	3. 9±0. 178	0. 7±0. 015	2. 1±0. 01	1. 7±0. 025	1. 2±0. 015	1. 6±0. 1	
六棱景天	0. 3±0. 035	0. 6±0. 023	0. 6±0. 017	0. 5±0. 006	0. 7±0. 024	0. 5±0. 06	0. 4±0. 01	0. 4±0. 004	

表 6		9 种景天叶片 SOD 活性在越冬期间的变化							U/g
种/ 品种	日期								
	2009 年 10 月 16 日	11 月 3 日	11 月 11 日	12 月 1 日	12 月 17 日	12 月 30 日	2010 年 1 月 8 日	1 月 20 日	
联合勘察加景天	48.4±6.8	49.1±16.0	33.2±14.0	44.8±1.0	29.9±1.0	—	—	—	
德国景天	51.1±11.0	102.5±23.0	101.8±24.0	85.3±0.5	62.1±1.6	—	—	—	
粗壮景天	44.9±1.8	40.5±2.5	37.9±1.6	54.1±4.7	32.4±1.7	—	—	—	
八宝景天	32.9±16.0	29.3±2.4	85.9±6.0	164.7±14.0	40.9±3.0	31.1±3.5	—	—	
‘胭脂红’ 景天	105.2±18.0	164.2±10.0	125.9±2.5	241.4±13.0	160.2±2.0	113.2±6.3	—	—	
‘红毯’ 白景天	78.2±13.0	75.2±19.0	108.3±30.0	136.2±29.0	72.5±2.2	14.5±8.6	—	—	
松塔景天	203.9±31.0	217.2±34.0	246.6±45.0	188.9±37.0	122.1±28.0	77.5±18.0	235.7±10.0	92.2±15.0	
石景天	61.4±1.0	51.6±1.3	57.9±0.6	58.1±11.0	52.3±9.8	54.7±1.1	45.4±0.3	49.6±0.7	
六棱景天	71.4±1.1	91.1±1.6	107.9±3.5	137.7±12.0	58.7±3.4	62.6±2.3	123.1±12.0	183.9±12.0	

表 7		9 种景天叶片 CAT 活性在越冬期间的变化							U/g
种/品种	日期								
	2009 年 10 月 16 日	11 月 3 日	11 月 11 日	12 月 1 日	12 月 17 日	12 月 30 日	2010 年 1 月 8 日	1 月 20 日	
联合勘察加景天	75.1±1.0	88.9±0.4	90.7±0.9	95.6±0.7	81.7±1.0	—	—	—	
德国景天	83.8±3.5	86.8±0.1	79.7±0.4	86.5±3.8	81.4±1.0	—	—	—	
粗壮景天	55.5±0.3	20.4±0.2	72.2±0.1	94.5±1.0	69.9±0.5	—	—	—	
八宝景天	37.6±0.5	44.6±0.3	41.2±0.1	41.5±0.2	42.6±0.8	40.1±1.0	—	—	
‘胭脂红’ 景天	135.8±4.4	110.8±1.1	76.6±0.8	171.1±0.1	123.3±0.1	162.1±3.1	—	—	
‘红毯’ 白景天	43.8±0.2	43.4±0.2	32.4±1.5	66.1±0.1	42.9±0.1	27.9±1.0	—	—	
松塔景天	95.8±0.1	100.1±0.2	62.8±0.9	138.2±1.7	118.5±0.2	100.7±0.6	97.8±0.2	81.6±1.3	
石景天	61.8±1.0	141.9±1.1	154.5±3.2	70.9±1.8	166.6±2.6	98.1±0.2	105.9±2.8	79.4±0.5	
六棱景天	44.8±1.0	71.7±1.0	89.9±7.8	114.7±0.2	45.3±0.1	108.5±0.8	103.8±1.9	100.7±0.1	

3 讨论与结论

随着秋冬季温度的下降,‘胭脂红’ 景天、‘红毯’ 白景天、松塔景天、石景天和六棱景天 5 种景天叶片叶绿素含量呈现先下降后上升再下降的变化趋势,马进报道东南景天随着热胁迫天数增加,叶片叶绿素含量的变化呈相似趋势^[7]。在试验阶段的后期叶绿素含量出现了明显增加,且值是试验初期的 2~3 倍,可能是在试验后

期植株茎基部的叶片多枯死脱落,叶样多采自茎顶端新萌发的叶片,与前期采样的叶片发育程度与对低温响应时间不同,所以叶绿素含量有所增加。花青素与 MDA 常作为植物抗寒性指标^[8,9],在该试验中,低温对 9 种景天的花青素和 MDA 含量影响并不显著,其中‘胭脂红’ 景天花青素含量显著高于其它 8 种景天,这是因为‘胭脂红’ 景天正常条件下叶色即呈红色,体内的色素含量

较高, 而其 MDA 含量明显比其它景天高, 这可能是由不同景天植物本身材料的特殊性而决定的, 具体原因尚不明确, 还需进一步研究。

郑小林、马进等分别对水稻热激反应以及野生景天研究中得出随高温胁迫天数延长, 叶片脯氨酸累积增加, 但处理超过一定时间后, 脯氨酸累积反而有下降的趋势^[7,10]。该研究得出联合勘察加景天、德国景天、粗壮景天、八宝景天及‘胭脂红’景天的叶片脯氨酸含量随气温下降呈相似变化趋势, 即先上升再下降。

在低温胁迫下, 植物体中保护酶活性的强弱直接关系到抵御低温伤害的能力^[11]。郭卫东等以 2 种佛手为材料, 得出 SOD 活性随着高温胁迫天数增加整体趋势是先上升后降低^[12], 而该文研究得出了与之相似的结果。

以上所测指标中低温对 9 种景天的花青素和 MDA 含量影响并不显著, 所以这 2 个指标与景天的抗寒性相关性不大, 而脯氨酸和可溶性蛋白含量以及 CAT、SOD 酶活性变化可以作为判别景天抗寒性的抗性指标。

联合勘察加景天、德国景天、粗壮景天和八宝景天 4 种景天脯氨酸含量、可溶性蛋白含量及保护酶的活性与其它景天相比较低, 所以由此判断其抗寒性较差。而石景天、松塔景天、六棱景天的各项指标都有较显著的变化, 抗寒性较强。其中石景天的可溶性蛋白含量、脯氨酸含量以及 CAT 活性均显著最高, 在所有景天中石景

天的抗寒性最强, 这与露天生长状态观察结果一致。

参考文献

- [1] 金立敏, 蔡曾煌, 姚昆德. 20 种常绿地被植物在苏州地区的引种栽培观察[J]. 江苏农业科学, 2006(1): 87-89.
- [2] 梁明霞. 华北地区植被屋面植物材料筛选的初步研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2009.
- [3] 王岳浩, 施教耐. C4 及 CAM 植物磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶性质的昼夜调节机理[J]. 植物生理学通讯, 1991, 27(5): 331-336.
- [4] Gravatt D A, Martin C E. Comparative ecophysiology of five species of Sedum (Crassulaceae) under well-watered and drought-stressed conditions[J]. Oecologia, 1992, 92(3): 532-541.
- [5] 张治安, 陈展宇. 植物生理学实验技术[M]. 长春: 吉林大学出版社, 2008.
- [6] 隋益虎, 陈劲枫, 杨学玲, 等. 辣椒叶片花青素含量的遗传分析[J]. 南京农业大学学报, 2009, 32(3): 19-24.
- [7] 马进, 汤庚国, 郑钢. 5 种屋顶绿化景天属植物耐热性的测定[J]. 林业科技开发, 2009, 23(3): 36-38.
- [8] 刘国君, 仵春涛, 徐斌. 小苹果休眠期枝条花青素和叶绿素的含量变化与抗寒关系[J]. 北方园艺, 2002(5): 58-59.
- [9] 万劲. 两个鸢尾品种抗逆生理特性的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2004.
- [10] 郑小林, 董任瑞. 水稻热激反应的研究: I. 幼苗叶片的膜透性和游离脯氨酸含量的变化[J]. 湖南农业大学学报, 1997(2): 109-112.
- [11] 刘鸿先, 曾韶西, 王以柔. 低温对不同耐寒力黄瓜幼苗子叶各细胞器中 SOD 的影响[J]. 植物生理学报, 1985, 11(1): 48-57.
- [12] 郭卫东, 张真真, 蒋小韦, 等. 低温胁迫下佛手半致死温度测定和抗寒性分析[J]. 园艺学报, 2009, 36(1): 81-86.

Changes of Physiological and Biochemistry Characteristics 9 Varieties of *Sedum* during Autumn and Winter

WANG Qian, LENG Ping-sheng, GUAN Xue-lian, XUE Yuan, HOU Ai-juan

(College of Forestry and Landscape, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206)

Abstract: To investigate the cold resistance of *Sedum* plants, the chlorophyll, anthocyanin, malondialdehyde (MDA), proline (Pro) and soluble protein contents as well as superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) in leaf of 9 varieties of *Sedum* during autumn and winter were determined. The results showed that with the drop in temperature from autumn to winter, chlorophyll contents 9 varieties of *Sedum* decreased all time, or decreased at first and then increased and then again decreased; but changes of the anthocyanin and malondialdehyde (MDA) contents was not significant; SOD, CAT activities first increased and then decreased. Free proline (Pro) and soluble protein contents of *S. acre* L. were higher significantly than others. SOD and CAT activities of *S. spurium* cv. Coccineum and *S. sexangulare* L. were higher significantly than others in all stage. At the same period, CAT activities of *S. acre* L. were higher significantly than others, but its SOD activity was not significantly.

Key words: *Sedum*; natural drop in temperature; physiology and biochemistry; cold resistance