

8 种绢蒿属植物幼苗抗氧化保护系统研究

贺学礼, 张桂红, 高 露

(河北大学生命科学学院, 河北 保定 071002)

摘 要: 在土培条件下研究了民勤绢蒿 *Seriphidium minchiinense*、针裂叶绢蒿 *S. sublessingianum*、西北绢蒿 *S. nitrosum*、伊犁绢蒿 *S. transiliense*、博洛塔绢蒿 *S. borotalense*、蚬蒿 *S. cinum*、沙湾绢蒿 *S. savanense* 和新疆绢蒿 *S. kaschgaricum* 等 8 种绢蒿属植物幼苗抗氧化保护系统随生育期的变化。结果表明: 8 种绢蒿属植物幼苗随生育期后延, 叶片 MDA、可溶性糖、POD 活性先升后降, 可溶性蛋白表现出“升—降—升”趋势, SOD 和 CAT 活性分别出现持续下降和持续上升趋势。8 种绢蒿幼苗保护酶活性、MDA、可溶性糖和可溶性蛋白含量存在差异, 针裂叶绢蒿 MDA 含量最高, 西北绢蒿 MDA 含量最低。MDA 与可溶性糖极显著负相关, 与 SOD 显著负相关。不同指标变化趋势说明在幼苗生长前期主要依靠 CAT、POD 和非酶性保护系统抵抗不良环境, 而后期抵抗作用主要源于 SOD 和非酶性保护系统。8 种绢蒿幼苗中, 抗逆性强的有西北绢蒿、民勤绢蒿、博洛塔绢蒿、沙湾绢蒿和蚬蒿, 抗逆性较强的有新疆绢蒿和伊犁绢蒿, 抗逆性最弱的是针裂叶绢蒿。种间抗逆性的差异是它们对各自生长环境适应的结果。

关键词: 绢蒿属; 幼苗; 抗氧化保护系统

中图分类号: Q945.79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)06-0164-05

绢蒿属 *Seriphidium* (Bess.) Poljak. 系菊科植物, 为多年生或一、二年生草本, 多呈灌木状, 主要分布于西北荒漠、半荒漠草原地区。绢蒿属植物是品质优良的饲用植物, 具有分布广、营养价值高、适口性好、耐牧性强、枯萎后不易吹失、冬季保存率高等优良特性, 在适度放牧情况下绢蒿在全生长期均可利用, 这在干旱草原地区草被枯死、放牧场饲料缺乏月份具有特殊价值, 在我国西北地区畜牧业发展中具有重要作用^[1~4]。

植物苗期最能表现物种的遗传特性, 幼苗期植物生长迅速, 但对环境变化最为敏感^[5~7]。目前, 对绢蒿属植物的研究国外多集中在分类地位方面, 而国内研究较注重理论与应用结合, 如绢蒿属植物形态特征、饲用价值、药用价值等研究^[8~11], 但总体来说, 对绢蒿属植物研究与其它荒漠植物研究和利用水平相比仍有很大差距, 许多基础性研究还很薄弱。本研究在土培条件下分析了 8 种绢蒿属植物幼苗保护系统的变化, 以期阐明绢蒿属植物幼苗生理生态特性, 为绢蒿属植物资源开发利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 植物材料与取样方法

供试植物为民勤绢蒿 *Seriphidium minchiinense*、

针裂叶绢蒿 *S. sublessingianum*、西北绢蒿 *S. nitrosum*、伊犁绢蒿 *S. transiliense*、博洛塔绢蒿 *S. borotalense*、蚬蒿 *S. cinum*、沙湾绢蒿 *S. savanense* 和新疆绢蒿 *S. kaschgaricum*。植物种子于 2006 年 10 月采自野外自然生长的植株(表 1), 选择发育良好的成熟种子自然风干。盆栽试验在河北大学玻璃温室内进行, 培养基质选用田间土壤过筛后按沙:土=1:1 比例装入有孔塑料盆(12 cm×15 cm), 每盆装土 1.5 kg, 2008 年 3 月 10 日播种, 待幼苗生长 2~3 片叶时定植, 每盆 6 株, 每种设 4 个重复。从播种后第 55 d 开始每隔 15 d 测定 1 次, 共测 4 次。每次测定时取植株中部长势相同的叶片装入塑料袋, 快速放入冰浴中, 拿回实验室转入冰箱里, 用于相关指标测定。

1.2 测定方法

可溶性蛋白含量用考马斯亮蓝染色法; 可溶性糖含量用蒽酮比色法; 丙二醛 (MDA) 含量用硫代巴比妥酸法测定^[12]。

酶液提取: 0.6 g 叶片加入 8 ml 50 mmol/L 磷酸缓冲液 (pH7.8), 内含 1% 不溶性聚乙烯吡咯酮 (PVP), 在 8 000 r/min、4℃ 条件下离心 15 min, 上清液用于酶活性和可溶性蛋白含量测定。按照氮蓝四唑法测定超氧化物歧化酶 (SOD) 活性, 以抑制氯化

收稿日期: 2009-06-04

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30470133)

作者简介: 贺学礼 (1963—), 男, 陕西蒲城人, 教授, 博士, 主要从事生物多样性及生态学研究。E-mail: xuelh1256@yahoo.com.cn。

硝基氮蓝四唑光化还原 50% 为一个酶活性单位 (U); 用愈创木酚比色法测定过氧化物酶 (POD) 活性, 以每分钟光密度值上升 0.01 酶量作为一个酶活

单位^[12]; 用紫外吸收法测定过氧化氢酶 (CAT) 活性, 以每分钟内引起光密度值减少 0.1 酶量为一个酶活单位^[13]。

表 1 材料来源
Table 1 Origin of material

种 Species	采集地 Locality	采集时间 Date (y-m-d)	标本号 Specimen	生境 Environment	海拔(m) Altitude
民勤绢蒿 <i>S. minchinense</i>	甘肃民勤县 Minqin, Gansu	2006-11-02	2006194	沙地 Sand	1436
针裂叶绢蒿 <i>S. sublessingianum</i>	新疆克孜哈巴克 Kezihabake, Xinjiang	2006-10-17	2006066	农田旁 Side of farmland	646
西北绢蒿 <i>S. nitrosum</i>	新疆伊犁 Yili, Xinjiang	2006-10-24	2006145	砾质荒漠 Gritty desert	1427
伊犁绢蒿 <i>S. transiliense</i>	新疆伊宁市 Yining, Xinjiang	2006-10-24	2006134	河边草地 Meadow of riverside	607
博洛塔绢蒿 <i>S. borotalense</i>	新疆三台 Santai, Xinjiang	2006-10-23	2006125	砾质荒漠 Gritty desert	1735
蚬蒿 <i>S. cinum</i>	新疆巴格图边境 Bagetu, Xinjiang	2006-10-21	2006107	路旁沙地 Sand of roadside	458
沙湾绢蒿 <i>S. sawanense</i>	新疆沙湾县 Shawan, Xinjiang	2006-10-27	2006170	砾质荒漠 Gritty desert	493
新疆绢蒿 <i>S. kaschgaricum</i>	新疆乌苏 Wusu, Xinjiang	2006-10-27	2006169	路旁草地 Meadow of roadside	502

1.3 数据处理

试验数据在 95% 水平上进行单因素方差分析和相关性分析。统计分析采用 SPSS13.0 软件。

2 结果与分析

2.1 不同生长阶段 8 种绢蒿幼苗叶片抗氧化保护系统

由表 2 可知, 8 种绢蒿幼苗叶片 POD 活性变化表现为两种趋势, 一种是“先升后降”, 如针裂叶绢蒿、伊犁绢蒿、博洛塔绢蒿、蚬蒿和沙湾绢蒿; 另一种是“一直下降”, 如民勤绢蒿、西北绢蒿和新疆绢蒿。民勤绢蒿、西北绢蒿和新疆绢蒿幼苗在 55 d 时 POD 活性最高, 针裂叶绢蒿、伊犁绢蒿、博洛塔绢蒿和蚬蒿在 70 d 时 POD 活性最高, 沙湾绢蒿在 85 d 时 POD 活性最高。总体来看在幼苗生长前期 POD 活性高, 后期低。CAT 活性均呈下降趋势, 幼苗生长到 55 d 时 CAT 活性最高。前期 CAT 活性高, 后期低。SOD 活性都表现出上升趋势, 幼苗生长到 100 d 时 SOD 活性最高。前期 SOD 活性低, 后期高。可溶性糖含量基本呈上升趋势, 其中西北绢蒿、伊犁绢蒿、蚬蒿、博洛塔绢蒿、沙湾绢蒿和新疆绢蒿上升较缓; 民勤绢蒿和伊犁绢蒿幼苗生长到 70 d 时含量最高, 针裂叶绢蒿在第 85 d 含量最高, 其它 5 种绢蒿幼苗都在

100 d 时含量最高。8 种绢蒿幼苗可溶性蛋白含量都呈“升—降—升”趋势, 幼苗生长到第 85 d 时可溶性蛋白含量降至最低, 与 55 d、70 d 和 100 d 差异显著。8 种绢蒿幼苗 MDA 含量变化趋势一致, 都呈“升—升—降”趋势。幼苗生长到第 55 d 时 MDA 含量最低, 与 70 d、85 d 和 100 d 的测定结果差异显著, 幼苗生长到 85 d 时 MDA 含量最大, 100 d 时有所下降。

2.2 相同生长阶段 8 种绢蒿幼苗叶片抗氧化保护系统

由表 2 可见, 在相同生长时期 8 种绢蒿幼苗中, 针裂叶绢蒿 MDA 含量最高且与其他 7 种差异显著。

8 种幼苗可溶性蛋白和可溶性糖含量有高低互补现象, 即可溶性糖含量较高的种可溶性蛋白含量较低, 可溶性蛋白含量高的种可溶性糖含量较低。

各种幼苗 CAT 活性差异不显著, 4 次测定结果较为一致。POD 活性均有显著差异, 民勤绢蒿、西北绢蒿和博洛塔绢蒿 POD 活性较高。在幼苗生长 70 d 和 85 d 时 SOD 活性差异显著, 蚬蒿、沙湾绢蒿、新疆绢蒿和伊犁绢蒿 SOD 活性较高。

相关性分析结果 (表 3) 表明, MDA 仅与 SOD 显著负相关, 与可溶性糖极显著负相关, 而其他指标之间没有显著相关性。

表 2 8 种绢蒿幼苗叶片抗氧化系统各指标方差分析

Table 2 Variance analysis among indexes of antioxidant protection system in eight species of *Seriphidium* seedlings

物种 Species	生长天数 Growth days (d)	MDA ($\mu\text{mol/g}$)	可溶性糖 Soluble sugar (%)	可溶性蛋白 Soluble protein ($\mu\text{g/g}$)	POD activity [$\text{U}/(\text{g}\cdot\text{min})$]	CAT activity [$\text{U}/(\text{g}\cdot\text{min})$]	SOD activity (U/g)
民勤绢蒿 <i>S. minchüense</i>	55	2.32 _{aA}	1.30 _{aC}	9.42 _{bC}	254.13 _{bF}	1393.60 _{cA}	109.63 _{aA}
	70	7.01 _{bA}	3.65 _{bC}	9.54 _{bA}	158.50 _{aA}	1150.5 _{bca}	138.68 _{abA}
	85	8.56 _{bA}	1.18 _{aA}	1.60 _{aA}	153.00 _{abc}	458.25 _{abA}	161.82 _{abA}
	100	9.07 _{bA}	1.18 _{aA}	9.66 _{bA}	144.50 _{aE}	282.75 _{aA}	169.76 _{bA}
针裂叶绢蒿 <i>S. sublessingianum</i>	55	6.81 _{aB}	2.95 _{aD}	5.71 _{bA}	193.87 _{bE}	1449.07 _{cA}	98.73 _{aA}
	70	27.02 _{bcb}	4.14 _{aC}	8.31 _{cA}	262.50 _{cbC}	864.50 _{bA}	125.34 _{bA}
	85	30.19 _{cb}	7.14 _{bB}	2.08 _{aA}	132.50 _{aABC}	581.75 _{abA}	153.89 _{cA}
	100	19.48 _{bB}	4.37 _{aD}	8.14 _{cA}	130.50 _{aD}	445.25 _{aA}	204.57 _{dA}
西北绢蒿 <i>S. nitrosum</i>	55	2.45 _{aA}	0.79 _{aABC}	9.48 _{bC}	460.27 _{dG}	1469.87 _{bA}	97.44 _{aA}
	70	6.44 _{abA}	0.84 _{aAB}	9.62 _{bA}	340.00 _{cd}	1430.00 _{bA}	134.12 _{aA}
	85	10.67 _{bA}	0.88 _{aA}	1.40 _{aA}	214.50 _{bD}	1140.75 _{bB}	159.80 _{aA}
	100	2.42 _{bA}	1.11 _{bA}	14.93 _{cb}	145.00 _{aE}	676.00 _{aA}	166.39 _{aA}
伊犁绢蒿 <i>S. transiliense</i>	55	3.48 _{aA}	0.37 _{aAB}	10.97 _{bC}	72.80 _{aB}	1622.40 _A	94.56 _{aA}
	70	7.91 _{aA}	1.69 _{cb}	11.12 _{baB}	143.50 _{cA}	1270.75 _A	167.40 _{bB}
	85	11.29 _{aA}	1.18 _{bA}	2.07 _{aA}	105.00 _{baBC}	637.00 _{abA}	169.59 _{bA}
	100	9.56 _{aA}	1.67 _{cb}	14.05 _{bb}	102.00 _{bb}	520.00 _{aA}	199.32 _{cbA}
博洛塔绢蒿 <i>S. borotalense</i>	55	2.70 _{aA}	0.47 _{aAB}	7.29 _{baB}	108.50 _{aC}	1638.00 _{bA}	88.22 _{aA}
	70	7.00 _{bA}	0.52 _{abA}	14.38 _{cb}	311.0 _{bCD}	997.75 _{aA}	184.80 _{bb}
	85	13.71 _{cA}	0.58 _{bA}	1.64 _{aA}	264.50 _{bE}	637.00 _{aA}	187.33 _{bc}
	100	8.49 _{bA}	1.62 _{cb}	13.33 _{cb}	161.50 _{aF}	529.75 _{aA}	213.18 _{cbA}
蚬蒿 <i>S. cinum</i>	55	2.73 _{aA}	0.66 _{aABC}	8.90 _{bBC}	198.4 _{bcE}	1222.00 _{cA}	73.78 _{aA}
	70	7.79 _{bA}	0.68 _{aA}	10.30 _{bA}	230.50 _{cb}	1004.25 _{bA}	187.33 _{bb}
	85	14.52 _{cbA}	0.91 _{bA}	3.05 _{aA}	171.00 _{bCD}	936.00 _{abAB}	198.56 _{bE}
	100	11.45 _{cbA}	1.33 _{cb}	8.45 _{bA}	113.00 _{abc}	737.075 _{aA}	228.38 _{ba}
沙湾绢蒿 <i>S. saowanense</i>	55	2.52 _{aA}	0.14 _{aA}	7.34 _{baB}	54.40 _{aA}	1464.67 _{bA}	99.05 _{aA}
	70	7.71 _{abA}	0.79 _{baB}	11.57 _{caB}	113.00 _{bA}	906.80 _{aA}	177.53 _{bb}
	85	13.18 _{bA}	1.70 _{da}	1.95 _{aA}	175.00 _{cbCD}	754.00 _{aaAB}	179.56 _{ba}
	100	9.54 _{abA}	1.12 _{cbA}	12.03 _{cb}	116.00 _{bc}	679.25 _{aA}	180.74 _{ba}
新疆绢蒿 <i>S. kaschgaricum</i>	55	2.81 _{aA}	1.08 _{aBC}	9.53 _{bC}	133.60 _{cd}	1364.13 _{cA}	118.38 _{aA}
	70	7.82 _{bA}	1.49 _{abAB}	8.12 _{bA}	102.00 _{bA}	1127.80 _{bca}	175.84 _{bb}
	85	15.08 _{cbA}	1.31 _{abA}	1.75 _{aA}	86.50 _{bA}	598.00 _{abA}	180.24 _{bb}
	100	16.01 _{abA}	1.66 _{bc}	13.09 _{cb}	63.00 _{aA}	549.25 _{aA}	201.86 _{ba}

注:①同一列中不同小写字母表示相同种在不同生长阶段的差异显著性;②同一列中不同大写字母表示相同生长阶段不同种之间差异显著性。

Note:①Different small letters in the same row of the table show significant difference at different growth stages of same species; ②Different capital letters in the same row of the table show significant difference among different species at same growth stages.

3 讨论与结论

自 20 世纪 60 年代 Fridovich^[14] 等提出自由基伤害学说以来,人们对活性氧对植物的伤害以及植物抗氧化保护系统作了大量研究。结果表明,逆境条件下植物体内产生 O_2^- 、 OH^- 、 H_2O_2^- 等活性氧自由基可使植物膜系统受到伤害^[15]。MDA 是膜脂过氧化的主要产物之一,其含量可以表示膜受伤程度和

植物对逆境条件下反应的强弱^[16]。植物在逆境条件下可以动员酶性和非酶性防御系统保护细胞免遭氧化伤害,前者包括 SOD、POD、CAT 等,后者则有可溶性蛋白、可溶性糖等。它们的协同作用能有效清除 O_2^- 、 OH^- 、 H_2O_2^- 等活性氧自由基,防御膜脂过氧化从而使细胞膜免受其害^[17]。因此,植物抗逆性与细胞质膜透性呈负相关^[18],而与保护酶活性和渗透物质含量呈正相关^[17,19]。这一结论已被反复证实。

表3 8种绢蒿幼苗叶片抗氧化系统各指标间相关性分析

Table 3 Correlation analysis between indexes of antioxidant protection system in eight species of *Seriphidium* seedlings

项目 Item	MDA	可溶性糖 Soluble sugar	可溶性蛋白 Soluble protein	POD	CAT	SOD
MDA	1					
可溶性糖 Soluble sugar	-0.618**	1				
可溶性蛋白 Soluble protein	-0.332	-0.450*	1			
POD	-0.395	-0.138	0.169	1		
CAT	-0.283	-0.167	0.115	0.018	1	
SOD	-0.452*	-0.698**	0.460*	-0.270	-0.103	1

注: **表示相关显著在0.01水平, *表示相关显著在0.05水平。

Note: ** means correlation is significant at the 0.01 level, while * means correlation is significant at the 0.05 level.

3.1 不同生长阶段8种绢蒿幼苗抗逆性差异

本试验结果表明,MDA与可溶性糖极显著负相关,与SOD显著负相关,与可溶性蛋白、CAT和POD没有显著相关性。说明在非酶促保护系统中可溶性糖发挥的作用更大,在酶促保护系统中SOD的作用更重要。蒋明义等认为SOD活性高低是植物抗旱性的重要指标之一,可能在保护系统中处于核心地位^[20]。SOD是抵御活性氧自由基介导的氧化损伤的第一道防线,可能通过Haber-Weiss反应清除植物体内多余的超氧阴离子,是保护系统中的关键酶^[21]。可溶性糖和可溶性蛋白呈负相关,POD、CAT与SOD呈负相关,说明可溶性糖和可溶性蛋白、POD和CAT与SOD之间可能具有互补关系。

8种幼苗MDA含量变化是前期最低,中期最大,后期减小。说明绢蒿幼苗在生长前期膜受害程度最小,中期最大,后期有所减轻。在生长前期POD、CAT活性和可溶性糖、可溶性蛋白含量较高,说明它们共同作用使活性氧自由基维持在较低水平,因此膜受害程度较小。幼苗生长前期正是沙漠中春季干旱少雨且风沙大的时期,植物必须有强防御系统抵抗不良环境,提高幼苗成活率以保证种族延续。幼苗生长中期,POD、CAT活性和可溶性蛋白含量下降,植物体内积累较多活性氧自由基,膜受害加重;此时幼苗抵抗不良环境的能力最弱。从植物形态特征看,这时幼苗根系不发达,木质化程度低,如果要引种栽培应加强此时的管理。幼苗生长后期SOD活性升高,可溶性糖和可溶性蛋白含量也大幅度增加,它们共同作用清除了一部分多余的自由基使膜受害程度降低。由此推断,在幼苗生长前期抗逆性最强,主要依靠POD、CAT和非酶性保护系统,后期抗逆性较强,主要作用依赖于SOD和非酶性保护系统。

3.2 相同生长阶段8种绢蒿幼苗抗逆性差异

植物抗逆性的差异取决于其生存的环境条件,

很多植物对逆境表现出明显的适应性^[6]。8种绢蒿中,民勤绢蒿、蚬蒿、博洛塔绢蒿、沙湾绢蒿和西北绢蒿均生长在砾质荒漠或沙地环境中,伊犁绢蒿生长在低海拔小丘下部、山谷、砾质或黄土质坡地、河岸边、草原等,新疆绢蒿生长在戈壁、干河谷及河岸边砾质滩地与路旁等,针裂叶绢蒿生长在砾质坡地、戈壁、干河谷及半荒漠草原地区^[2,3]。长期生活在干旱、半干旱环境中的绢蒿属植物,具有非常明显的旱生结构特征,如叶表皮有毛被、气孔器下陷、密被蜡质等特点。牛忠磊等^[8]对绢蒿属植物叶表皮特征研究发现针裂叶绢蒿、伊犁绢蒿、新疆绢蒿气孔指数较高,民勤绢蒿、西北绢蒿气孔指数较低,气孔指数大的种水分蒸发较强。民勤绢蒿和西北绢蒿叶表皮毛多,伊犁绢蒿叶表皮毛较少;新疆绢蒿叶表皮毛较粗。根据气孔指数和叶表特征可知,民勤绢蒿、西北绢蒿保水能力较强,针裂叶绢蒿、伊犁绢蒿、新疆绢蒿保水能力较弱。本试验结果与8种绢蒿植物形态特征和生长环境相一致,即西北绢蒿、博洛塔绢蒿、民勤绢蒿、沙湾绢蒿和蚬蒿幼苗抗逆性强,新疆绢蒿和伊犁绢蒿幼苗抗逆性较强,针裂叶绢蒿幼苗抗逆性最弱。

参考文献:

- [1] 中国药材公司. 中国中药资源志要[M]. 北京: 科学出版社, 1994: 1003-1500.
- [2] 林有润. 中国植物志(第76卷第2分册)[M]. 北京: 科学出版社, 1991: 259-290.
- [3] 安争夕. 新疆植物志(第5卷)[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1999: 189-209.
- [4] 冯 纛, 潘伯荣. 新疆蒿类半灌木牧草资源分布及其饲用价值[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(3): 158-162.
- [5] 赵 勇, 刘俊伟, 李绍波, 等. 水稻苗期生长特性的遗传剖析[J]. 中国农业科学, 2005, 38(4): 643-649.
- [6] Hanns Lambers, F Stuart Chapin III, Thijs L Pons. 张国平, 周伟军译. 植物生理生态学[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2003: 264.

- [7] 张景光,王新平,李新荣,等.荒漠植物生活史对策研究进展与展望[J].中国沙漠,2005,25(3):306-309.
- [8] 牛忠磊,贺学礼,孙会忠.中国菊科绢蒿属植物叶表皮特征观察[J].西北植物学报,2006,26(12):2417-2422.
- [9] 孙会忠,贺学礼,陈铁山,等.中国绢蒿属 *Seriphidium* (Bess.) Poljak. 16种植物花粉形态研究[J].自然科学进展,2007,17(1):35-41.
- [10] 滑艳,何荔,汪汉卿.白茎绢蒿化学成分的研究[J].天然产物研究与开发,2003,15(3):219-221.
- [11] 邓雁如,何荔,李维琪,等.沙漠绢蒿化学成分研究[J].中草药,2004,35(6):622-624.
- [12] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [13] 王晶英,熬红,张杰,等.植物生理生化实验技术与原理[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,2003.
- [14] Mccord J M, Fridovich J. Superoxide dismutase: An enzymic function for erythrocyte(Hemocaprein)[J]. J Biol Chem, 1969, 224, 6049-6055.
- [15] 陈善福,舒庆尧.植物耐干旱胁迫的生物学机理及其基因工程研究进展[J].植物学通报,1999,16(5):555-560.
- [16] 王爱国.丙二醛作为脂质过氧化指标的探讨[J].植物生理学通讯,1986,(2):55-57.
- [17] 翁锦周,林江波,陈永快,等.NaCl胁迫对桉树幼苗膜脂过氧化与膜保护酶系统的影响[J].福建农业学报,2007,22(2):197-201.
- [18] 武宝轩,格林,托德.小麦幼苗中超氧化物歧化酶活性与幼苗脱水忍耐性相关性的研究[J].植物学报,1985,27(2):152-160.
- [19] 陈立松,刘景辉.水分胁迫引起的膜损伤与膜脂过氧化和某些自由基的关系[J].植物生理学报,1999,25(1):49-56.
- [20] 蒋明义,郭绍川.水分亏缺诱导的氧化胁迫和植物的抗氧化作用[J].植物生理学通讯,1996,32(2):144-150.
- [21] 山仓,陈培元.旱地农业生理生态基础[M].北京:科学出版社,1998.

Study on antioxidant protection system of eight species of *Seriphidium* (Bess.) Poljak seedlings

HE Xue-li, ZHANG Gui-hong, GAO Lu

(College of Life Science, Hebei University, Baoding, Hebei 071002, China)

Abstract: The change of antioxidant protection system for eight species of *Seriphidium* (Bess.) Poljak. (*S. minchūnense*, *S. sublessingianum*, *S. nitrosum*, *S. transiliens*, *S. borotalense*, *S. cinum*, *S. savanense*, *S. kaschgaricum*) seedlings was studied in pot culture. The results showed that MDA, soluble sugar content, POD activity firstly increased and then decreased, soluble protein content was “high-low-high”, SOD activity decreased and CAT increased with prolongation of the growth period of seedlings. There were some differences of protective enzyme activity, MDA, soluble sugar and soluble protein content in eight species of seedlings, in which MDA content was the highest in *S. sublessingianum*, while *S. nitrosum*'s was the lowest. MDA had significant negative correlation with soluble sugar content and SOD activity. The change trends of different indicators explained that seedlings mainly depended on CAT, POD and nonenzyme protective system to resist the adverse environmental in early growth period, however, the role is due to SOD and nonenzyme protection system in later period. *S. nitrosum*, *S. minchūnense*, *S. borotalense*, *S. savanense* and *S. cinum*'s resistance were the strongest, *S. kaschgaricum* and *S. transiliens*'s resistance were strong, while *S. sublessingianum*'s resistance was the weakest in eight species of seedlings. The different resistance among species resulted from their adaptability to respective habitat.

Keywords: *Seriphidium* (Bess.) Poljak; seedling; antioxidant protection system