

冬季田间冻害胁迫对露地越冬甘蓝膜系统的影响

李建勇

张振贤*

(山东省泰安农业学校 泰安 271000) (中国农业大学园艺学院 北京 100094)

葛均青 王磊 史修柱

(山东农业大学园艺学院 泰安 271018)

摘要 观测冻害对露地越冬栽培甘蓝膜系统的影响结果表明,生长季内叶片电解质渗漏率、丙二醛(MDA)含量随温度下降而增加,抗冻性差的“8398”、“8132”甘蓝品种在1月份冻害温度下电解质渗漏率>50%,膜系统受伤害较重,酶促保护系统关键酶超氧化物歧化酶(SOD)活性急剧下降,过氧化物酶(POD)活性上升。露地越冬甘蓝专用品种“冬冠1号”在1月份冻害温度下电解质渗漏率、MDA含量较低,SOD仍保持较高活性,表现出较强抗冻性。

关键词 露地越冬甘蓝 冻害胁迫 膜系统

Effect of freezing stress on the membrane system of the open-field winter cabbage. LI Jian-Yong (Tai'an Agricultural School, Shandong Province, Tai'an 271000), ZHANG Zhen-Xian (College of Hort., China Agricultural University, Beijing 100094), GE Jun-Qing, WANG Lei, SHI Xiu-Zhu (College of Hort., Shandong Agricultural University, Tai'an 271018), *CJEA*, 2003, 11(3): 58~60

Abstract Freezing resistance of 4 cabbages varieties was studied under open-field winter growth seasons. The results show that the electrolyte leakage and content of malondialdehyde (MDA) in cabbage leaves increase as temperature declines, especially the electrolyte leakage in “8398” and “8132” declines by 50% in January, and membrane system is damaged seriously. The activity of superoxide dismutase (SOD) of “8398”, “8132” and “Jingfeng No. 1” declines quickly under freezing temperature conditions. The peroxides (POD) activity increases as temperature declines under freezing stress. But the electrolyte leakage and content of malondialdehyde (MDA) in “Donggua No. 1” are lower than those of “8398”, “8132” and “Jingfeng No. 1”. Under freezing stress in January, the activity of SOD and POD in “Dongguan No. 1” still remains higher. It is indicated that freeze-resistance of “Dongguan No. 1” is strong.

Key words Open-field winter cabbage, Freezing stress, Membrane system

甘蓝冬季易受冻害。山东农业大学园艺学院近年试验培育出适宜露地越冬栽培的甘蓝专用品种“冬冠1号”,本研究测定了不同甘蓝品种及不同播期植株叶片冻害胁迫下电解质渗漏率、超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性及丙二醛(MDA)含量的变化,探讨了越冬甘蓝的抗冻机理。

1 试验材料与方法

试验采用4个不同抗冻性的甘蓝品种“8398”、“京丰1号”、“8132”(由中国农业科学院蔬菜研究所提供)和越冬专用品种“冬冠1号”(本课题组选育),分别于2000年7月15日、7月25日、8月5日分3期播种,3次重复,随机排列。于10月19日、11月20日和2001年1月14日取样,3次取样平均温度分别为18.9/13.7℃、7.7/-0.3℃和-4.1/-14.5℃,并确定为甘蓝生长的最适温度、亚适温度和最低冻害温度。每次取样5株,取内部莲座叶和外部球叶作实验材料,确定在自然降温过程中适温、亚适温和冻害温度对越冬甘蓝膜系统的影响。电解质渗漏率采用沈文云等^[1]方法并略加修改,SOD测定采用NBT还原法^[5],POD酶活性测定采用愈创木酚法^[2],MDA含量测定采用改进的Heath R. L.法^[6]。

2 结果与分析

2.1 冻害胁迫对叶片电解质渗漏率的影响

电解质渗漏率是检验植物受逆境胁迫后细胞膜透性的重要指标,与作物的抗性负相关^[6]。表1表明适

* 通讯作者

收稿日期:2002-08-18 改回日期:2002-09-30

宜温度下(10月19日)4个供试品种的电解质渗漏率多为6.7%~8.8%,品种间差异较小,但随温度降低各品种叶片渗漏率大幅增加,当温度降至-14.5℃时(1月14日)其增加更显著,为适温时期的5~8倍,品种间有较大差异,“8398”和“8132”的电解质渗漏率最大超过50%,其次为“京丰1号”,“冬冠1号”较低,表明“冬冠1号”和“京丰1号”的细胞膜抗冻性较强。不同播期越冬

表 1 冻害胁迫对露地越冬甘蓝叶片电解质渗漏率的影响
Tab.1 Effect of freeze-stress on the rate of electrolyte leakage of open-field winter cabbage leaves

测定日期(月-日) Determine date (month-day)	播期(月-日) Sowing date (month-day)	电解质渗漏率/% Rate of electrolyte leakage			
		“冬冠1号” Dongguan No.1	“京丰1号” Jingfeng No.1	“8398”	“8132”
10-19	07-15	7.56	8.88	8.88	7.01
	07-25	7.68	7.79	8.39	6.72
	08-05	6.97	7.32	8.56	-
11-20	07-15	32.30	32.53	50.86	49.79
	07-25	28.11	29.22	47.14	39.79
	08-05	30.18	26.90	40.64	-
01-14	07-15	37.74	41.58	54.83	61.55
	07-25	42.86	43.90	75.31	68.15
	08-05	38.20	45.62	65.58	-

甘蓝的电解质渗漏率有一定差异,1月14日取样时随播期的推迟电解质渗漏率呈增加趋势但不明显,表明植株成熟度与其抗冻性有关。10月19日和11月20日取样时的结果差异较小且不规律。

表 2 冻害胁迫对露地越冬甘蓝鲜叶片 MDA 含量的影响

2.2 冻害胁迫对叶片 MDA 含量的影响

Tab.2 Effect of freeze-stress on the content of MDA of the open-field winter cabbage leaves

测定日期(月-日) Determine date (month-day)	播期(月-日) Sowing date (month-day)	叶片 MDA 含量/nmol·g ⁻¹ The content of MDA of the leaves			
		“冬冠1号” Dongguan No.1	“京丰1号” Jingfeng No.1	“8398”	“8132”
10-19	07-15	5.39	10.06	7.11	7.66
	07-25	4.25	9.92	7.99	7.65
	08-05	5.26	8.91	9.07	-
11-20	07-15	4.74	18.42	16.64	16.20
	07-25	1.97	17.59	10.86	16.60
	08-05	2.75	15.61	16.26	-
01-14	07-15	4.32	8.82	5.23	7.37
	07-25	8.40	9.61	3.61	8.57
	08-05	6.87	9.74	3.32	-

2.2 冻害胁迫对叶片 MDA 含量的影响

MDA 是膜脂过氧化产物,与植物的抗冷性有关。表 2 表明适宜温度下 4 个供试品种叶片 MDA 含量有一定差异,“京丰 1 号”较高,“8398”、“8132”次之,“冬冠 1 号”较低。随温度下降“8398”、“8132”和“京丰 1 号”的 MDA 含量上升,至 11 月 20 日升至高峰,1 月 14 日因温度太低又呈不同程度下

降。“冬冠 1 号”则不同,MDA 含量先随温度下降而下降,至 11 月 20 日降至最低,最冷的 1 月份其含量又上升,造成该差异的原因主要是品种间抗冻性的差异所致,冻害胁迫下“冬冠 1 号”比其他 3 品种对低温的生理反应较敏感。不同播种期叶片 MDA 含量也有一定差异,“冬冠 1 号”和“京丰 1 号”在 10 月 19 日和 11 月 20 日取样时 MDA 含量基本随播期的推迟而下降,表明适当晚播有利于提高越冬甘蓝的抗冻性,而“8398”和“8132”则变化不规律。

2.3 冻害胁迫对叶片 SOD 活性的影响

SOD 是清除 O₂⁻ 自由基的关键酶,表 3 表明适宜温度下品种间 SOD 活性差异较大,“8398”、“8132”SOD 活性较高,“京丰 1 号”次之,“冬冠 1 号”较低。随温度降低“京丰 1 号”、“8398”和

表 3 低温胁迫对露地越冬甘蓝叶片 SOD 活性的影响

Tab.3 Effect of freeze-stress on the activity of superoxide dismutase of open-field winter cabbage leaves

测定日期(月-日) Determine date (month-day)	播期(月-日) Sowing date (month-day)	SOD 活性/U·mg ⁻¹ The activity of SOD			
		“冬冠1号” Dongguan No.1	“京丰1号” Jingfeng No.1	“8398”	“8132”
10-19	07-15	132.91	133.92	313.29	258.86
	07-25	109.19	151.90	313.29	178.08
	08-05	109.18	98.10	227.85	-
11-20	07-15	178.08	102.74	267.12	247.26
	07-25	164.38	105.02	219.18	177.22
	08-05	143.84	92.47	205.48	-
01-14	07-15	73.04	55.47	88.49	64.72
	07-25	85.21	59.17	55.25	43.44
	08-05	69.29	67.49	59.46	-

“8132”叶片 SOD 活性随温度下降而逐渐下降,至 1 月 14 日降至最低,但“冬冠 1 号”叶片 SOD 活性先随温度下降而有所增加,至 11 月 20 日 SOD 活性达最高,表明低温胁迫激发了“冬冠 1 号”SOD 活性的增加,提高了清除 O_2^- 自由基能力,但随温度的持续下降其活性随之下降,至 1 月 14 日达到最低,与其他 3 个品种相比降幅较小。同一品种不同播期叶片 SOD 活性有一定差异,但该差异较品种间小得多,“冬冠 1 号”、“8398”和“8132”随播期的推迟 SOD 活性呈下降趋势,而“京丰 1 号”表现不规律。

表 4 低温胁迫对露地越冬甘蓝鲜叶片 POD 活性的影响

Tab. 4 Effect of freeze-stress on the activity of peroxidase of open-air winter cabbage leaves

测定日期(月·日) Determine date (month·day)	播期(月·日) Sowing date (month·day)	POD 活性/ $\Delta OD_{470nm} \cdot \min^{-1} \cdot g^{-1}$ The activity of POD			
		“冬冠 1 号” Dongguan No. 1	“京丰 1 号” Jingfeng No. 1	“8398”	“8132”
10-19	07-15	26.25	51.25	50.54	25.25
	07-25	39.25	51.25	49.75	35.25
	08-05	29.25	49.75	57.25	-
11-20	07-15	60.50	64.75	106.75	56.50
	07-25	55.00	61.75	97.00	57.00
	08-05	61.25	52.25	105.25	-
01-14	07-15	79.50	92.00	266.75	298.75
	07-25	115.75	97.75	131.75	132.25
	08-05	104.00	117.75	152.50	-

影响,不同时期取样均存在一定差异,以 1 月 14 日取样时差异较大,“冬冠 1 号”和“京丰 1 号”随播期推迟 POD 活性呈上升趋势,而“8398”和“8132”则呈下降趋势。

3 小结与讨论

植物的低温伤害始于细胞膜系统,膜系统受伤害后产生一系列连锁反应,使膜的半透性改变和丧失,细胞内物质大量外渗,电导率升高,最终引起细胞死亡。冬季冻害低温胁迫后甘蓝叶片电解质渗漏率大幅度增加,抗冻性强的“冬冠 1 号”电解质渗漏率小,而抗冻性较弱的“8398”和“8132”则较大,品种间的差异可能与膜系中磷脂和脂肪酸的不饱和性有关,抗冻性强的品种可能具有较高的膜脂不饱和度,可在低温下保持流动性并维持正常生理功能。膜脂不饱和度与品种的遗传有关,并受低温诱导的影响,低温诱导后叶片不饱和脂肪酸含量升高。低温胁迫后产生 O_2^- 自由基和活性氧引起膜脂过氧化和蛋白质破坏,致使膜透性增大、离子漏失并导致植物死亡。膜脂过氧化产物 MDA 积累可能对膜和细胞造成进一步伤害,低温下 MDA 含量明显增加^[3,4],耐低温能力弱的植物其膜脂过氧化作用显著,而耐低温能力强的植物其膜脂过氧化水平则变化较小。SOD 能清除超氧化物自由基,降低膜脂过氧化水平,且植物的抗冻性强弱与其体内 SOD 活性高低密切相关^[4]。耐冷性材料 SOD 下降较缓慢且保持一定水平,冷敏感性品种下降迅速且保持较低水平^[3]。本研究冻害胁迫下“8398”、“8132”和“京丰 1 号”叶片 SOD 活性均随气温下降而下降,抗冻性最弱的“8398”降幅最大,其细胞膜受伤害也最严重,而抗冻性最强的“冬冠 1 号”SOD 活性较高。亚适温条件下“冬冠 1 号”叶片 MDA 含量下降,这与其 SOD 活性保持较高的水平有关,可见亚适温条件激活了“冬冠 1 号”细胞的氧化应激机制,随气温逐渐下降达到一定阈值后其叶片 SOD 活性开始下降。低温胁迫下甘蓝叶片 POD 活性上升能有效清除植物体内 H_2O_2 ,使植物能在一定程度上忍耐、减缓或抵抗冻害胁迫,且耐冻性强品种升幅较大,耐冻性弱品种升幅较小,为越冬甘蓝抗冻生理、播期适期的确定提供了理论依据。

参 考 文 献

- 1 沈文云,侯 锋,吕淑珍等. 低温对杂交一代黄瓜生理特性的影响. 华北农学报, 1995, 10 (1):56~59
- 2 杨阿明,沈征言. 低温锻炼提高黄瓜幼苗耐寒性效应. 园艺学报, 1992 (1):61~66
- 3 刘鸿先等. 低温对不同耐寒力的黄瓜幼苗子叶各细胞器中超氧化物歧化酶(SOD)的影响. 植物生理学报, 1988, 11 (1):48
- 4 季 成,王崇效,余叔文. 凤眼莲超氧化物歧化酶活性与抗寒性的关系. 植物生理学报, 1989, 15 (2):133~137
- 5 Read S. M., North cote D. H. Minimization of variation in the response to different proteins of the coomassie Blue G. dyedinding assay for protein Anal iochem, 1981, 116:53~54
- 6 Heath R. L., Packer L. Photoperoxidation in isolated Chloroplasts I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Arch Biochem Biochem Biophy, 1968, 128:189~198

2.4 冻害胁迫对叶片 POD 活性的影响

POD 是膜保护系统的关键酶之一,表 4 表明适宜生长温度下“京丰 1 号”和“8398”叶片 POD 活性高,而“冬冠 1 号”和“8132”的则较低,各供试品种叶片 POD 活性均随温度下降呈上升趋势,以“冬冠 1 号”和“8132”的升幅较大。不同播期对甘蓝叶片 POD 活性也有一定