

# 零上低温处理对不同甘蓝型油菜品种抗寒性的影响

李世成<sup>1</sup>, 牛俊义<sup>2</sup>, 盖 珏<sup>3</sup>

(1. 甘肃省农业技术推广总站, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070; 3. 宁夏六盘山高级中学, 宁夏 银川 750002)

**摘 要:** 为鉴定甘蓝型油菜品种的抗寒性, 采用人工气候箱控温的方法, 对从国外引进的 12 个甘蓝型油菜品种进行零上低温处理, 以观测不同品种抗寒指标的变化情况。结果表明: 随着温度的降低, 各品种叶片的含水量下降, 细胞膜相对透性和丙二醛(MDA)含量增加, 可溶性糖和游离脯氨酸含量上升, 其中 4 个品种(系)表现出较强的抗寒性, 2 个品种(系)的抗寒性则相对较弱。相关分析结果表明: 细胞膜相对透性和可溶性糖含量与甘蓝型油菜品种抗寒性的关系最为密切。

**关键词:** 低温处理; 甘蓝型油菜; 抗寒性; 相关性

**中图分类号:** S565.4      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-7601(2007)06-0040-05

在甘蓝型油菜抗寒性方面, 国内外有关专家已进行了相关的试验研究, 认为: 植物在遭受低温后, 在生理生化方面会产生一系列适应反应, 如生长基本停止, 代谢减弱, 含水量降低, 保护物质增多, 细胞膜透性增加等, 以适应低温条件, 安全越冬<sup>[1]</sup>。油菜在越冬期间, 其抗寒性与其水分状况, 细胞膜透性, 以及可溶性糖、丙二醛和游离脯氨酸等渗透物质之间有密切关系<sup>[2~8]</sup>。本试验以甘蓝型冬油菜为材料, 研究了 0℃以上低温条件下, 甘蓝型冬油菜总含水量、细胞膜相对透性、丙二醛含量、可溶性糖含

量和游离脯氨酸含量的变化, 以及这些抗性指标间的相关关系, 在有关文献中未见这方面的报道。本研究旨在为甘蓝型油菜抗寒性品种的选育和栽培提供一定的基础材料和理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

本试验选用的甘蓝油菜品种(系)的名称及来源见表 1。

表 1 供试甘蓝油菜品种(系)

Table 1 Variety (strain) of rape (*B. campestris* L. and *B. napus* L.) for study

| 品种代号<br>Code | 甘蓝型品系<br>Variety | 来源或选育单位<br>Source | 品种代号<br>Code | 甘蓝型品系<br>Variety | 来源或选育单位<br>Source     |
|--------------|------------------|-------------------|--------------|------------------|-----------------------|
| 1            | Orkan            | German            | 7            | Parade-2         | New zealand           |
| 2            | Hopper           | Danisco-denmark   | 8            | Broomerary       | Boomerang New zealand |
| 3            | Tuner            | Danisco-denmark   | 9            | Slm046           | German                |
| 4            | Embleme          | france            | 10           | Olsen            | Italy                 |
| 5            | Ryder            | Danisco-denmark   | 11           | Akar             | New zealand           |
| 6            | Alice            | france            | 12           | ISN1770          | Italy                 |

### 1.2 测定方法

参试材料于 2004 年 4 月播种于盛有蛭石的 10×10 苗圃钵中, 每个品种 3 钵, 每钵留苗 3~4 株, 露天培育至 4~5 片真叶时, 将其移入人工气候箱(LRH-400-GS II 微电脑控制, 光照强度 10 000 Lx, 光照时间 14 h/d)。每 3 d 浇 1 次水, 每隔 10 d, 每钵浇 1/8 剂量的 40 ml MS 营养液培养。待长至 5~6 片真叶时开始进行降温处理, 每 2 d 降温 1℃,

每个温度设 3 个重复, 在降温至 20℃、15℃、10℃、5℃时, 分别取各品种的功能叶, 进行相关生理生化指标的测定。

总含水量测定: 采用烘干称重法<sup>[9]</sup>。

可溶性糖含量测定: 采用蒽酮显色法<sup>[10]</sup>。

丙二醛(MDA)含量测定: 采用硫代巴比妥酸(TBA)法<sup>[10]</sup>。

细胞膜相对透性测定: 称取 0.2 g 鲜样, 用无离

收稿日期: 2006-12-20

基金项目: 双低油菜标准化栽培技术与示范推广

作者简介: 李世成(1968—), 男, 甘肃秦安人, 高级农艺师, 主要从事农作物栽培及农业技术推广工作。

子水洗净,剪碎放入具塞试管,加入 10 ml 无离子水,真空抽气 10 min,振荡,加塞在室温下静置 30 min。用 DDS-11A 型电导仪测定溶液的电导率  $E_1$ ,然后置沸水浴中 10 min,冷却后测定溶液总电导率  $E_2$ ,无离子水电导率为  $E_0$ 。质膜相对透性可用下式计算:质膜相对透性  $P(\%) = [(E_1 - E_0) / (E_2 - E_0)] \times 100^{[9]}$ 。

游离脯氨酸含量测定:采用磺基水杨酸法<sup>[11]</sup>,取干样 0.05 g,用 3%磺基水杨酸浸提,4 ml 2.5%酸性茚三酮显色 60 min。冷却后,加入 4 ml 甲苯萃取,用 721 型分光光度计在 520 nm 下比色测定。

2 结果与分析

2.1 油菜总含水量的变化

测定结果表明(表 2),12 个品种叶片组织的总含水量随温度的下降而降低;在 20℃条件下,各油菜品种(系)的叶片总含水量变化在 89%~93%之间,差异不显著,降温至 10℃时,各品种叶片含水量

差异明显,在降温至 5℃时,各品种间叶片组织含水量的下降幅度有显著差异。其中 Alice(10.75%)、Akar (9.82%)、ISN1770 (9.73%)、Parade-2 (9.60%)和 Hopper(9.57%)品种,叶片含水量下降幅度较大,表现出对低温较强的适应能力,而 Olsen (6.33%)和 Broomerary (7.16%)相对降幅较小,说明这两个品种适应低温能力较差,抗寒性较弱。

2.2 细胞膜相对透性(RPP)的变化

由图 1 可知,12 个品种(系)在 20℃时,各品种 RPP 差异不大;以后在降温处理过程中,各品种 RPP 开始有不同程度的增加,尤其降至 5℃后,各品种的 RPP 增加幅度明显不同,其中 Olsen (20.50%)、Embleme(19.46%)、Slm046(17.57%)、Ryder (16.74%)品种增幅较大,膜透性不稳定,说明其细胞膜受害较重,对低温适应能力较差;相反,Alice(5.26%)和 Orkan(7.16%)品种的 RPP 增幅较小,膜透性相对较稳定,表明这两个品种对低温具有一定的抗性。

表 2 不同温度条件下叶片组织含水量(%)

Table 2 Relative water content in leaf tissues in different temperature

| 品种<br>Variety | 20℃   | 15℃   | 10℃   | 5℃    | 20~5℃间降幅<br>Range of decrease |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------------------------------|
| 1             | 88.90 | 88.48 | 84.92 | 80.04 | 8.86                          |
| 2             | 90.59 | 87.52 | 84.94 | 81.02 | 9.57                          |
| 3             | 90.45 | 88.02 | 86.97 | 82.83 | 7.62                          |
| 4             | 92.13 | 91.02 | 90.20 | 84.56 | 7.57                          |
| 5             | 91.64 | 90.92 | 88.56 | 83.74 | 7.90                          |
| 6             | 90.35 | 88.39 | 84.29 | 79.60 | 10.75                         |
| 7             | 90.49 | 87.99 | 84.21 | 80.89 | 9.60                          |
| 8             | 89.35 | 88.98 | 86.26 | 82.19 | 7.16                          |
| 9             | 92.94 | 91.30 | 88.45 | 85.53 | 7.41                          |
| 10            | 90.96 | 89.15 | 87.48 | 84.63 | 6.33                          |
| 11            | 92.13 | 89.90 | 86.37 | 82.31 | 9.82                          |
| 12            | 91.67 | 90.14 | 85.68 | 81.94 | 9.73                          |

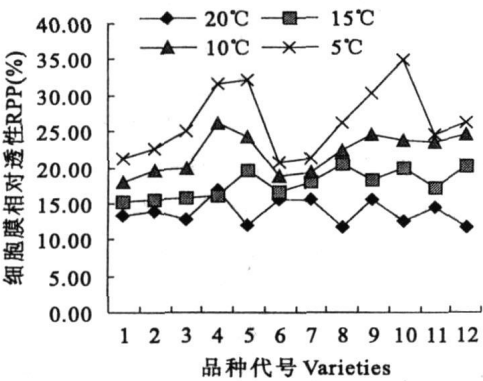


图 1 不同温度条件下细胞膜相对透性的变化

Fig.1 Changes of content of membrane relative penetration in different temperature

2.3 可溶性糖和游离脯氨酸含量的变化

图 2 显示,经不同低温处理后,12 个品种植株体内的可溶性糖含量随温度降低均有不同程度的增加。在 15℃以上时,除 Alice 外,其他各品种间糖含量增长幅度不大。随着温度继续下降,Orkan、Hopper、Alice 和 Parade-2 油菜品种的含糖量急剧升高,在 5℃时其含糖量分别达到 11.23%、11.25%、14.22%和 10.02%,其平均值(11.68%)是 Olsen (6.60%)的 1.8 倍,是 Embleme(6.13%)的 1.9 倍。说明在低温胁迫条件下,植株体内的可溶性糖含量累积,尤其在较低温度(5℃)下抗寒品种的糖分急剧增加,形成了保护性物质,从而提高其抗寒性。

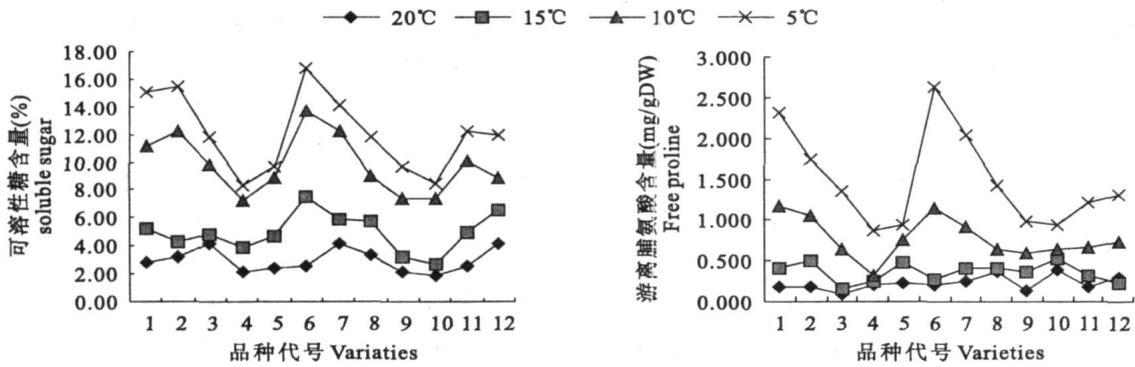


图 2 不同温度条件下可溶性糖和游离脯氨酸含量的变化

Fig.2 Changes of content of soluble sugar and free proline in leaf tissue in different temperature

脯氨酸含量与抗寒性密切相关<sup>[14]</sup>, 抗寒性越强脯氨酸含量越高。从图 2 可见, 随着温度的不断下降, 12 个品种间的游离脯氨酸含量不断增加。在 15℃ 以上时, 各品种叶片中游离脯氨酸均有所增加, 但增幅不大; 降至 10℃ 后, 品种间游离脯氨酸累积出现差异, 尤其降温至 5℃ 时, 差异显著, 其中 Alice、Orkan 和 Parade-2 油菜品种的叶片中游离脯氨酸分别是 15℃ 时的 9.2、5.5 和 5.1 倍, 说明这 3 个品种对低温的适应性较强, 在低温胁迫下能够积累较多游离脯氨酸而提高其抗寒性; 而 Olsen、Ryder 和 SIm046 油菜品种的游离脯氨酸含量也有所增加, 但幅度较小, 分别为 15℃ 时的 1.8、2.0 和 2.7 倍, 说明其抗寒性相对较弱。

2.4 丙二醛(MDA)含量的变化

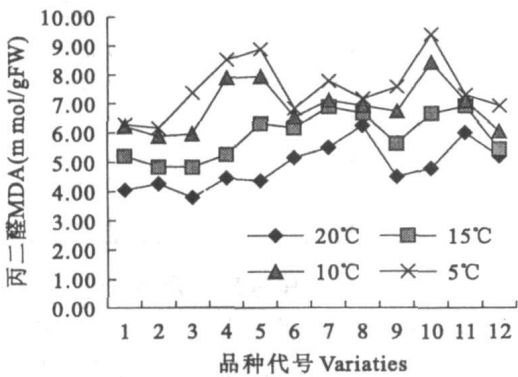


图 3 不同温度条件下丙二醛(MDA)的变化

Fig.3 Changes of content of MDA in different temperature

由图 3 可以看出: 低温胁迫后, 各品种的 MDA 含量都有不同程度的增加。温度降至 10℃ 后, 增加幅度差异显著; 降至 5℃ 时, Olsen、Ryder 和 Embleme 油菜品种增幅较大, 较 20℃ 分别增加了 4.609 mmol/gFW、4.508 mmol/gFW 和 4.065 mmol/gFW, 反映出其膜质氧化程度较大, 这一点与其质膜相对透性(RPP)的表现相一致。

2.5 抗寒性状间的相关性

通过苗圃钵试验, 测定 12 个甘蓝型油菜品种的越冬存活率。选取 5℃ 低温处理下各油菜品种抗寒性状及越冬存活率进行相关分析, 结果表明(表 3), 除游离脯氨酸含量( $X_4$ )与丙二醛含量( $X_5$ )间相关系数达到显著水平外, 其它所有性状间相关系数均达到极显著水平。总含水量、细胞膜透性和丙二醛含量与越冬存活率间呈极显著负相关关系; 可溶性糖含量和游离脯氨酸含量与越冬存活率间呈极显著正相关关系。其中细胞膜透性( $X_2$ )和可溶性糖含量( $X_3$ )与越冬存活率( $Y$ )的相关系数分别达到了 -0.9736 和 0.9684, 说明甘蓝型油菜品种的抗寒性强弱与叶片细胞膜透性和可溶性糖含量的多少有极大关系。

3 小结与讨论

随着温度的降低, 供试的 12 个甘蓝型油菜品种(系)叶片总含水量不断下降, 细胞膜相对透性、可溶性糖含量、游离脯氨酸含量和丙二醛含量上升。但是各抗寒指标的增加幅度或下降幅度因品种的不同而有差异。试验结果显示, 抗寒指标的增幅或降幅的大小与品种的抗寒性有关。对各抗寒指标进行综合比较后可知: 经 5℃ 处理后, Alice、Orkan、Hopper 和 Parade-2 品种对低温的适应能力相对较强; 而 Olsen 和 Embleme 品种的抗寒性则相对较弱, 这与它们的越冬存活率结果相一致。

降温处理后, 叶片中的可溶性糖含量增加, 降温至 5℃ 时抗寒性相对较强的 Orkan、Hopper、Alice 和 Parade-2 品种叶片中平均糖含量分别是抗寒性较弱的 Olsen 和 Embleme 品种的 1.8 和 1.9 倍; 叶片中游离脯氨酸含量也随温度的降低而逐渐累积, 同是抗寒性较强的品种, 在降温至 5℃ 时, Orkan、Alice 和 Parade-2 品种叶片中的游离脯氨酸含量分别是

表 3 油菜抗寒性状间的相关系数

Table 3 Correlation coefficient between cold—resistant index of the tested materials

| 指标<br>Index                                      | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | X <sub>4</sub> | X <sub>5</sub> | 越冬存活率(Y)<br>Survival rates |
|--------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|
| X <sub>1</sub> (总含水量)<br>Total water content     | 0.9079**       | −0.9448**      | −0.9187**      | 0.7371**       | −0.9167**                  |
| X <sub>2</sub> (细胞膜透性)<br>Cell permeability      |                | −0.9424**      | −0.8702**      | 0.8426**       | −0.9736**                  |
| X <sub>3</sub> (可溶性糖含量)<br>Soluble sugar content |                |                | 0.9331**       | −0.8079**      | 0.9694**                   |
| X <sub>4</sub> (游离脯氨酸含量)<br>Free proline content |                |                |                | −0.6583*       | 0.9110**                   |
| X <sub>5</sub> (丙二醛含量)<br>MDA content            |                |                |                |                | −0.8335**                  |

注：\* 相关性达 0.05 显著水平，\*\* 相关性达 0.01 显著水平。  
Note: \* Significance at 0.05 level, \*\* Significance at 0.01 level.

15℃时的 5.5、9.2 和 5.1 倍,而 Hopper 品种叶片中的游离脯氨酸含量累积却较低(图 2),与可溶性糖含量的增加表现不一致,其原因有待进一步研究。

水分是参与植物代谢的重要物质,含水量越高,代谢越旺盛,但抗性则相对变弱;而较低的含水量可降低植物体内的代谢水平,提高其抗寒性<sup>[12]</sup>;细胞膜相对透性均随温度的降低而增加;抗寒力强的植物在冷害时膜透性有明显的稳定性<sup>[13]</sup>;MDA 为膜质过氧化产物,其含量与植物所受逆境胁迫程度有关,植物受害越重,MDA 积累越多<sup>[15]</sup>。

对甘蓝型油菜 5 个抗寒指标与其越冬存活率之间的关系经过相关分析后可知,5 个抗寒指标,即总含水量(X<sub>1</sub>)、细胞膜透性(X<sub>2</sub>)、可溶性糖含量(X<sub>3</sub>)、游离脯氨酸含量(X<sub>4</sub>)和丙二醛含量(X<sub>5</sub>)与越冬存活率(Y)之间均呈极显著的相关关系,其中细胞膜透性(X<sub>2</sub>)和可溶性糖含量(X<sub>3</sub>)与甘蓝型油菜品种抗寒性的强弱最为密切。

参 考 文 献:

[1] 王 忠·植物生理学[M]·北京:中国农业出版社,2000.  
[2] 胡胜武,黄继英,徐爱遐,等·甘蓝型油菜抗寒性与某些渗透物质的关系[J]·西北农业学报,1994,3(1):24—26.

[3] 胡胜武,黄继英,徐爱遐,等·甘蓝型油菜抗寒性的研究 I·渗透调节与抗寒性的关系[J]·中国油料,1993,(3):1—4.  
[4] Steponkus P L· Role of plasma membrane in freezing injury and cold acclimation [J]· Ann Rev Plant physical, 1984, 35: 543—548.  
[5] 宋良图,宋国良,陶汉之·电导法测定甘蓝型油菜抗寒性的初步研究[J]·安徽农业科学,1991,(1):46—51.  
[6] 宋良图·甘蓝型油菜抗寒性的形态生理学研究[J]·徽农业科学,1992,20(2):127—132.  
[7] Heberul·Coyobiology, 1968, 5: 188—201.  
[8] 胡胜武,于澄宇,王绥璋,等·甘蓝性油菜抗寒性的鉴定及相关性状的研究[J]·中国油料作物学报,1996,21(2):33—35.  
[9] 西北农业大学植物生理生化教研组·植物生理学实验指导[M]·西安:陕西科学技术出版社,2001.  
[10] 邹 琦·植物生理生化实验指标[M]·北京:中国农业出版社,1995.  
[11] 张殿忠,王沛洪,赵会贤·测定小麦叶片游离脯氨酸含量的方法[J]·植物生理学通讯,1990,(4):62—65.  
[12] 宋海星·冬小麦越冬期间生理指标的变化及抗寒剂对其影响[J]·沈阳农业大学学报,1999,30(6):631—632.  
[13] 武惠肖,吉艳芝·落叶松几个抗寒生理指标研究[J]·河北林果研究,2000,15(2):105—108.  
[14] 山东农学院·西北农学院植物生理学实验指导[M]·济南:山东科学技术出版社,1980.  
[15] 王根轩·蚕豆叶片发育与衰老过程中超氧化物歧化酶活性与丙二醛含量的变化[J]·植物生理学报,1989,(1):13—17.

## Effect of low temperature stress on some physiological index of winter rape( *brassicu napus* L. )

LI Shi-cheng<sup>1</sup>, NIU Jun-yi<sup>2</sup>, GAI Yue<sup>3</sup>  
(1. Agricultural and Technical Extension station, Lanzhou, Gansu 730020;  
2. Agronomy College, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070;  
3. Liupanshan High School, Yingchuan, Ningxia 750002, China)

**Abstract:** To indentify anti-coldness of B. napus L. varieties, temperature-controlling method by artificial climatic box is introduced to deal with 12 B. napus L. varieties from abroad under low temperature above zero for observance of different varieties ’ anti-coldness index variation. The results showed that total water content in leaves of all varieties decreased with the decrease of temperature, however, membrane relativepenetrat,malondi-aldehycle (MDA)content, soluble sugar and free proline content increased with the decrease of temperature. The varieties of Alice,Orkan,Hopper and Parade<sup>-2</sup> were screened with high cold hardness, but Olsen and Embleme had lower cold hardness than the other varieties. Simple correlation analysis showed that membrane relative pen-etratio and soluble sugar content had the closest relations with the cold hardness of winter rape.

**Keywords:** winter rape(*brassicu napus* L.); cold-resistant index; correlation

(上接第 39 页)

## Effects of water deficit on the rate of leaf photosynthesis and root respiration in two winter wheat of different drought resistance

HOU Xiao-lin<sup>1,2</sup>, LU Jin-yin<sup>1,2</sup>, SHAN Lun<sup>2</sup>  
(1. College of Life Science, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;  
2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Water and Soil Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Xinong 1043 and Shaan 253 of two winter wheat varieties were used pot and nutrient solution culture experiments to studied the effect of water deficit on the rate of leaf photosynthesis and root respiration during different growth stages under different water stress. The results showed that the drought resistance wheat Xinong 1043 rate of leaf photosynthesis, root respiration and activities of leaf protective enzyme in seedling stage are higher than that of the water sensitivity wheat Shaan 253 under same water condition. The rate of leaf photosynthesis and root respiration of the two wheat are lower under normal water condition than that of under water deficit; and Xinong 1043 are higher ratio of root respiration and leaf photosynthesis rate compared with Shaan 253 under the two water condition.

**Keywords:** water stress; winter wheat; root respiration; leaf photosynthesis; protective enzymes