

干旱—低温交叉逆境下小麦渗透调节能力的变化与交叉适应的关系

李 洁, 武杭菊, 胡景江*, 曹翠玲

(西北农林科技大学生命科学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 利用砂培的方法研究了 3 个抗旱、抗寒性不同小麦品种在干旱、低温交叉逆境下渗透调节物质及渗透调节能力的变化与交叉适应的关系。结果表明, 3 个小麦品种经适度的干旱、低温单一逆境处理后, 可溶性糖、脯氨酸、游离氨基酸和可溶性蛋白质的含量均升高, 表现出了一定的渗透调节能力; 经交叉逆境(干旱+低温, 低温+干旱)处理后, 上述几种渗透调节物质含量进一步升高, 渗透调节能力明显增强(晋麦 47 渗透调节能力分别升高了 66.38% 和 51.27%; 郑引 1 号分别升高了 71.77% 和 71.09%; 长武 6878 分别升高了 56.36% 和 62.91%), 质膜相对透性明显降低(与单一逆境相比, 晋麦 47 膜透性分别下降了 23.03% 和 22.94%; 郑引 1 号分别下降了 20.27% 和 8.91%; 长武 6878 分别下降了 28.17% 和 23.44%)。同时从实验数据可见在逆境条件下, 抗性品种的渗透调节能力显著高于敏感品种。上述结果表明植物对不同逆境的适应存在着某些共同的生理基础, 其中在交叉逆境下植物渗透调节能力的增强是交叉适应的可能生理机制之一。

关键词: 小麦; 干旱; 低温; 交叉适应; 渗透调节

中图分类号: S512.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)06-0149-05

小麦是我国主要粮食作物之一, 主要分布在干旱、半干旱的北方地区, 在其生长发育过程中, 受到多种逆境胁迫, 常见的逆境主要是干旱和低温。干旱会导致小麦光合性能降低, 生长发育受到抑制, 产量下降^[1]。低温影响植物的生长和代谢, 导致植物受到伤害、减产, 严重时还造成植物死亡。由于水分和温度是自然条件所致, 在这些自然条件不能改善的前提下, 研究提高作物抗性的方法就成了众多学者关注的问题。

人们发现, 植物在经受某种逆境胁迫后, 不仅可以提高对这种逆境的抗性, 同时还会增强对其他逆境的抵抗能力, 称为交叉适应^[2]。许多研究表明, 植物对很多逆境都存在着交叉适应现象, 但有关这种交叉适应生理机制还不完全清楚。本文选抗旱、抗寒性不同的三种小麦品种为实验材料, 研究了干旱—低温交叉逆境下小麦渗透调节及相关生理生化变化与交叉适应的关系, 以探讨交叉适应的可能机理。

1 材料与方法

1.1 材料培养

供试材料为国家审定小麦品种长武 6878(抗旱、弱冬性)、晋麦 47(冬性、较抗旱)和郑引 1 号(水

分敏感型)。

挑选饱满、均一的小麦种子, 用 0.1% 的 HgCl₂ 灭菌 10 min, 经蒸馏水冲洗 5~6 次, 放入盛有蒸馏水的烧杯中浸种 6 h, 恒温培养箱中 25℃ 催芽至露白期。选取露白一致的种子播于砂培盆(14 cm×7 cm)中, 播植深度约 1 cm, 播植密度为每盆 10×6 株, 人工气候室内(25℃, 光照 3 000 Lx, 12 h/d)培养, 定期补充 Hoagland 营养液和水分, 待长至三叶一心期进干旱—低温交叉逆境处理。

1.2 材料处理

1.2.1 干旱处理 三叶一心期小麦幼苗浇灌渗透势为(0.8 MPa 的 PEG6000 溶液模拟干旱胁迫处理, 25℃、光照(3 000 Lx)12 h/d 培养 3 d, 取样测定相关指标。

1.2.2 低温处理 25℃ 培养的三叶一心期小麦幼苗于人工气候箱中调节温度缓慢降至 5℃, 光照(3 000 Lx)12 h/d 培养 3 d, 取样测定相关指标。

1.2.3 交叉处理 (1) 干旱+低温: 经干旱处理的幼苗, 恢复水分供应, 待恢复正常生长后即转入低温(5℃)处理 3 d(方法与 1.2.2 相同)后, 测定相关指标。(2) 低温+干旱: 低温处理后的幼苗缓慢恢复至正常温度, 待恢复正常后进行干旱处理 3d(与

收稿日期: 2009-05-24

基金项目: 国家重点基金项目“西北旱地优质高效高产栽培技术生理生态研究”(30230230)

作者简介: 李 洁(1981—), 女, 山西运城人, 硕士研究生, 从事植物水分抗旱生理研究。E-mail: lijie9315@126.com。

* 通讯作者: 胡景江(1957—), 男, 陕西定边人, 教授, 主要从事植物逆境生理研究。

1.2.1相同)后,测定相关指标。

以上处理均设 5 个(盆)重复,以正常条件下生长的幼苗为对照。

1.3 测定方法及指标

(1) 膜相对透性用电导法测定^[3](取新鲜叶片),以杀死前叶片外渗液的电导率占杀死后(全透性)外渗液电导率的百分数表示膜的相对透性。

(2) 游离氨基酸的测定(取新鲜叶片),参照高俊凤等的方法^[3]。

(3) 游离脯氨酸的测定(取新鲜叶片),参照职明星,李秀菊等的方法^[4]。

(4) 可溶性糖含量的测定(取干燥叶片),采用蒽酮比色法^[5]。

(5) 可溶性蛋白质含量的测定(取新鲜叶片),采用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[3]。

(6) 渗透调节能力测定,采用冰点降低法测定叶片的饱和渗透势^[6],按下式计算渗透调节能力:

$$\Delta\pi_{100} = \pi_{100}^{\text{未}} - \pi_{100}^{\text{处}}$$

式中, $\pi_{100}^{\text{未}}$ 为未受逆境胁迫叶片的饱和渗透势; $\pi_{100}^{\text{处}}$ 为干旱或低温胁迫叶片的饱和渗透势^[7]。

2 结果与分析

2.1 干旱、低温逆境交叉适应下小麦幼苗质膜相对透性的变化

植物组织在受到干旱、低温等逆境危害时,细胞膜的结构和功能首先受到伤害,细胞膜透性增大。从表 1 可以看出,经干旱、低温胁迫后,与正常生长的小麦幼苗相比,3 个品种的小麦幼苗膜相对透性均有不同程度的增大。其中晋麦 47 膜透性分别增大了 71.95% 和 92.31%;郑引 1 号分别增大了 92.82% 和 100%;长武 6878 分别增大了 72.03% 和 69.92%,差异显著 ($P=0.05$)。说明在干旱、低温胁迫下三个品种小麦幼苗的细胞膜都受到了损害,且品种的抗性越强,受损伤的程度就越小。而经过逆境交叉处理(低+干、干+低)后,与单一进行干旱、低温胁迫的小麦幼苗相比,其膜透性均明显下降。其中晋麦 47 膜透性分别下降了 23.03% 和 22.94%;郑引 1 号分别下降了 20.27% 和 8.91%;长武 6878 分别下降了 28.17% 和 23.44%。这表明交叉适应可避免或减轻膜受损的程度,提高其抗性。

表 1 干旱、低温交叉逆境下小麦幼苗细胞质膜相对透性的变化(%)

Table 1 Change of plasma membrane relative permeability of wheat seedlings in drought and cold cross treatment

品种 Variety	逆境处理 Stress treatment				
	对照 CK	干旱 Drought	低温 Cold	干旱+低温 Drought + cold	低温+干旱 Cold + drought
晋麦 47 Jimmai47	4.42 _b	7.60 _{ab}	8.50 _a	6.55 _{ab}	5.85 _{ab}
郑引 1 号 Zhengyin No. 1	3.48 _b	6.71 _a	6.96 _a	6.34 _a	5.35 _a
长武 6878 Changwu6878	6.15 _b	10.58 _a	10.45 _a	8.00 _{ab}	7.60 _{ab}

注:同一行数据间字母相同表示差异不显著 ($P=0.05$)。下同。

Note: Values followed by same letters within the same line mean the significance of difference at $P=0.05$ level. They are the same as in the following.

2.2 干旱、低温逆境交叉适应下小麦幼苗渗透调节物质的变化

2.2.1 可溶性糖含量的变化 可溶性糖含量是造成植物体内总溶质浓度变化的主要因素。在逆境条件下,植物体内可溶性糖含量累积增多,植株细胞液浓度增大,有利于其抗性的提高。从表 2 可以看出,3 个小麦品种经干旱、低温处理后,可溶性糖含量均增大。与正常对照相比,晋麦 47 分别增大了

14.07% 和 31.25%;郑引 1 号分别增大了 1.49% 和 2.07%;长武 6878 分别增大了 20.00% 和 33.27%。恢复水分和温度条件后(生长正常后),再经过低温和干旱处理,与单一进行低温、干旱胁迫的小麦幼苗相比,3 个小麦品种的可溶性糖含量均又有提高。其中晋麦 47 可溶性糖含量分别升高了 21.84% 和 5.68%;郑引 1 号分别升高了 20.08% 和 1.35%;长武 6878 分别升高了 22.06% 和 17.09%。

表 2 干旱、低温交叉逆境下小麦可溶性糖含量的变化(%)

Table 2 Change of soluble sugar content in drought and cold cross treatment in wheat seedlings

品种 Variety	逆境处理 Stress treatment				
	对照 CK	干旱 Drought	低温 Cold	干旱+低温 Drought + cold	低温+干旱 Cold + drought
晋麦 47 Jimmai47	14.27 _e	16.37 _d	18.73 _b	22.82 _a	17.3 _c
郑引 1 号 Zhengyin No. 1	15.27 _b	15.50 _b	15.59 _b	18.72 _a	15.71 _b
长武 6878 Changwu6878	14.04 _d	16.85 _c	18.72 _b	22.85 _a	19.37 _b

2.2.2 游离脯氨酸含量的变化 经干旱、低温处理以及交叉处理后 3 个小麦品种脯氨酸含量的变化见表 3。从表 3 可见,单一逆境和交叉逆境处理后脯氨酸含量均升高。在单一逆境(干旱、低温)处理下,与对照相比,晋麦 47 分别升高了 30.64%和 60.62%,差异显著($P=0.05$);郑引 1 号分别升高了 7.71%和 58.41%;长武 6878 分别升高了 35.40%和 107.13%。而交叉逆境(低温+干旱、干旱+低温)与单一逆境(干旱、低温)处理相比,脯氨酸含量也有较大升高。其中晋麦 47 分别升高了 63.16%和

50.61%;郑引 1 号分别升高了 60.77%和 46.93%;长武 6878 分别升高了 72.56%和 57.59%;与正常对照相比,晋麦 47 分别升高了 113.15%和 141.91%,郑引 1 号分别升高了 73.17%和 132.77%,长武 6878 分别升高了 133.64%和 226.40%,差异显著($P=0.05$)。在植株处于逆境胁迫状态时,脯氨酸是植物在逆境条件下参与渗透调节的重要物质,同时对细胞的结构和功能有一定的保护作用。交叉逆境下脯氨酸含量的增高有利于对逆境的适应,提高其抗逆性。

表 3 干旱、低温交叉逆境下小麦脯氨酸含量的变化($\mu\text{g/g}$)
Table 3 Change of proline content in drought and cold cross treatment in wheat seedlings

品种 Variety	逆境处理 Stress treatment				
	对照 CK	干旱 Drought	低温 Cold	干旱+低温 Drought + cold	低温+干旱 Cold + drought
晋麦 47 Jinmai47	13.84 _e	18.08 _d	22.23 _c	33.48 _a	29.50 _b
郑引 1 号 Zhengyin No. 1	13.49 _c	14.53 _c	21.37 _b	31.40 _a	23.36 _b
长武 6878 Changwu6878	8.56 _c	11.59 _c	17.73 _b	27.94 _a	20.00 _b

2.2.3 游离氨基酸含量的变化 干旱、低温处理以及逆境交叉处理后,游离氨基酸含量的变化见表 4。由表中数据可见,与对照相比,3 个小麦品种在单一逆境下(干旱、低温)游离氨基酸含量均升高,其中晋麦 47 分别升高了 7.75%和 35.19%;郑引 1 号分别升高了 5.27%和 34.26%;长武 6878 分别升高了

18.02%和 70.10%。而交叉逆境(干旱+低温、低温+干旱)与对照和单一逆境处理相比,游离氨基酸含量也有明显升高。与对照相比,晋麦 47 分别升高了 8.07%和 19.16%;郑引 1 号分别升高了 6.20%和 12.91%;长武 6878 分别升高了 14.84%和 29.98%。

表 4 干旱、低温交叉逆境下小麦氨基酸含量的变化($\text{mg}/100\text{g}$)
Table 4 Change of amino acid content in drought and cold cross treatment in wheat seedlings

品种 Variety	逆境处理 Stress treatment				
	对照 CK	干旱 Drought	低温 Cold	干旱+低温 Drought + cold	低温+干旱 Cold + drought
晋麦 47 Jinmai47	187.0 _c	201.5 _c	252.8 _b	273.2 _a	240.1 _b
郑引 1 号 Zhengyin No. 1	183.9 _e	193.6 _d	246.9 _b	262.2 _a	218.6 _c
长武 6878 Changwu6878	120.4 _e	142.1 _d	204.8 _b	235.2 _a	184.7 _c

2.3 干旱、低温逆境交叉适应下小麦幼苗可溶性蛋白质含量的变化

可溶性蛋白质可以称为是植物遭受逆境时的保护物质,其含量增大,一方面降低了组织或细胞的冰点温度,同时也使细胞水合度增大,保水能力增强,避免原生质在低温下的脱水作用^[8]。由表 5 中的数据可以看出,无论是经过干旱、低温单一逆境处理还是经过逆境交叉(低温+干旱、干旱+低温)处理,小麦幼苗的可溶性蛋白质含量与对照相比均增大。并且交叉逆境(干旱+低温、低温+干旱)处理后的小麦幼苗的可溶性蛋白质含量又要比单一逆境(低温、干旱)处理的要高。其中晋麦 47 分别升高了 36.

71%和 17.44%;郑引 1 号分别升高了 40.73%和 37.92%;长武 6878 分别升高了 28.56%和 15.76%。差异显著($P=0.05$)。由以上的结果可以明显看出,交叉逆境处理能够提高小麦幼苗的可溶性蛋白质含量,进而提高了小麦的抗性。

2.4 干旱、低温逆境交叉适应下小麦幼苗渗透调节能力的变化

经干旱、低温处理以及交叉处理后 3 个小麦品种渗透调节能力的变化见表 6。由表中的数据可以看出,3 个小麦品种在干旱、低温单一逆境和交叉逆境下,均表现出了一定的渗透调节能力,且在交叉逆境下渗透调节能力的增强明显大于单一逆境,抗逆

性强的品种渗透调节能力明显大于敏感品种的。与单一逆境(干旱、低温)相比,经交叉逆境(低温+干旱、干旱+低温)处理后,晋麦 47 渗透调节能力分别升高了 66.38%和 51.27%;郑引 1 号分别升高了

71.77%和 71.09%;长武 6878 分别升高了 56.36%和 62.91%。从渗透调节能力的绝对值来看,抗性品种晋麦 47 和长武 6878 的的渗透调节能力是郑引 1 号的 3.67~4.04 倍。

表 5 干旱、低温交叉逆境下小麦可溶性蛋白质含量的变化(mg/g)

Table 5 Change of soluble protein content in drought and cold cross treatment in wheat seedlings

品种 Variety	逆境处理 Stress treatment				
	对照 CK	干旱 Drought	低温 Cold	干旱+低温 Drought + cold	低温+干旱 Cold + drought
晋麦 47 Jinmai47	9.34 _c	12.50 _b	11.55 _b	15.79 _a	14.68 _a
郑引 1 号 Zhengyin No. 1	8.64 _d	11.84 _c	13.92 _c	19.59 _a	16.33 _b
长武 6878 Changwu6878	11.14 _c	13.26 _{bc}	12.85 _{bc}	16.52 _a	15.35 _{ab}

表 6 干旱、低温交叉逆境下小麦渗透调节能力的变化

Table 6 Change of ability of osmotic adjustment ($\Delta\pi_{100}$) in drought and cold cross treatment in wheat seedlings

品种 Variety	逆境处理 Stress treatment				
	对照 CK	干旱 Drought	低温 Cold	干旱+低温 Drought + cold	低温+干旱 Cold + drought
晋麦 47 Jinmai47	0 _c	0.470 _b	0.550 _b	0.832 _a	0.782 _a
郑引 1 号 Zhengyin No. 1	0 _c	0.124 _b	0.128 _b	0.219 _a	0.213 _a
长武 6878 Changwu6878	0 _c	0.566 _b	0.523 _b	0.852 _a	0.885 _a

3 讨 论

已有很多的研究都表明植物在经过一种逆境锻炼后,能提高对其他逆境的抗性。对黑麦进行冷锻炼后,其耐热性有明显提高^[9]。干旱预处理也可增强玉米幼苗的耐冷性^[10]和天竺葵叶片的耐热性^[11]。盐、冷和热预处理也可不同程度增强水稻幼苗耐低温的能力^[12]。但是有关这种交叉适应的生理机制还不完全清楚,武杭菊等^[13]报道了经干旱、低温交叉逆境及 ABA 处理后小麦活性氧清除系统的变化与交叉适应的关系,认为交叉逆境和 ABA 处理下小麦幼苗活性氧清除能力的增强是交叉适应的生理机制之一。

从本实验结果可以看出,3 个小麦品种经适度的干旱、低温单一逆境处理后,可溶性糖、脯氨酸、游离氨基酸和可溶性蛋白质等渗透调节物质的含量均升高,表现出了一定的渗透调节能力;而经交叉逆境(干旱+低温,低温+干旱)处理后,上述几种渗透调节物质含量进一步升高,渗透调节能力明显增强,质膜相对透性明显降低(与单一逆境相比)。同时从实验数据可见在逆境条件下,抗性品种的渗透调节能力显著高于不抗性品种。因此可以认为,植物对不同逆境的适应存在着某些共同的生理基础,植物的抗逆性与其渗透调节能力密切相关,交叉逆境下植物渗透调节能力的增强是交叉适应的可能生理机制

之一。

参 考 文 献:

[1] 杨书运,严平,梅雪英.水分胁迫对冬小麦抗性物质可溶性糖与脯氨酸的影响[J].中国农业学报,2007,23(12):230.

[2] Boussiba S, Rikin A, Richmond A E. The role of abscisic acid in cross-adaptation of tobacco plant [J]. Plant Physiol, 1975, 56: 337—339.

[3] 高俊凤.植物生理学实验指导书[M].北京:高等教育出版社,2006:137—144.

[4] 职明星,李秀菊.脯氨酸测定方法的改进[J].植物生理学通讯,2005,41(3):355—357.

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

[6] 李德全,邹琦,程炳嵩.土壤干旱下不同抗旱小麦品种的渗透调节和渗透调节物质[J].植物生理学报,1992,18(1):37—44.

[7] Ludlow M M, Chu A C, Clements R J, Kerslake R G. Adaptation of species of *Centrosema* to water stress[J]. Ausralian Journal of Plant Physiology, 1983, 10:119—130.

[8] 孙群,胡景江.植物生理学研究技术[M].杨凌:西北农林科技大学出版社,2006:70.

[9] Fu P, Wilen R W, Roertson A J, et al. Heat tllerance of cold-acclimated Puma winter rye seedlings and the effect of a heat shock on freezing tolerance[J]. Plant Cell Physiol, 1998, 39:942—949.

[10] Javier P D, Jose I J, Manuel S D. Chilling of drought-hardened and no-hardened plants of different chilling-sensitive maize lines changes in water relations and ABA content [J]. Plant Sciences, 1997, 122: 71—79.

[11] Arora R, Pitchay D S, Bearce B C. Water-stress-induced heat tolerance in geranium leaf tissues: A possible linkage through stress proteins[J]. *Physiol Plant*, 1998, 103: 24—34.

[12] 曾韶西, 王以柔, 李美如. 不同胁迫预处理提高水稻幼苗抗寒性期间膜保护系统的变化比较[J]. *植物学报*, 1997, 39(4): 308—314.

[13] 武杭菊, 胡景江, 杨 峰, 等. 干旱—低温交叉逆境下小麦活性氧清除系统的变化与交叉适应的关系[J]. *干旱地区农业研究*, 2007, 25(4): 207—211.

Relationship between changes of osmotic adjustment ability of wheat under drought and cold cross-stress and cross-adaptation

LI Jie, WU Hang-ju, HU Jing-jiang*, CAO Cui-ling

(College of Life Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The relationship between changes of osmotica content and osmotic adjustment ability of wheat seedlings under drought and cold cross-stress and cross-adaptation was studied with sand culture in artificial illumination incubator. The result showed that the content of soluble sugar, proline, amino acid and soluble protein increased in the seedlings of the 3 wheat varieties under one stress (drought or cold), and the wheat varieties showed certain ability of osmotic adjustment. Under drought and cold cross-stress (drought + cold or cold + drought), the osmotica content and osmotic adjustment ability increased obviously (the ability of osmotic adjustment increased by 66.38% and 51.27% in Jinmai47, by 71.77% and 71.09% in Zhengyin No. 1, and by 56.36% and 62.91% in Changwu 6878). The relative permeability of plasma membrane reduced as compared with one stress, drought or cold (the relative permeability of plasma membrane reduced by 23.03% and 22.94% in Jinmai47, by 20.27% and 8.91% in Zhengyin No. 1, and 28.17% and 23.44% in Changwu6878). The result also showed that the ability of osmotic adjustment of resistant varieties was notably higher than susceptible varieties. When wheat was treated with cross adaptation for drought and cold, the pretreatment of one stress could increase resistance to another stress. It also showed that there was some common physiological metabolism under different stress, and enhancement of osmotic adjustment ability was one of the possible physiological metabolisms of cross adaptation under drought and cold cross-stress (drought + cold or cold + drought).

Keywords: wheat; drought; cold; cross-adaptation; osmotic adjustment

(上接第 133 页)

Analysis of genetic diversity of local germplasm resources for foxtail millet in Gansu

WANG Xiao-juan, QI Xu-sheng, WANG Xing-rong, SU Jun-yang

(Institute of Crop, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: The field survey and study were made on the diversity for of 22 main characters of 474 local foxtail millet germplasm resources in different regions of Gansu Province. The results show that there are large range of variability and rich genetic resources of foxtail millet gemplasm in Gansu. And the genetic diversity of gemplasm resources in different regions is significantly different. It is rich in Lanzhou, Baiyin, Dingxi, Linxia, Qingyang and Wuwei, whose diversity indexes are during ranged from 1.5312~1.3424. But the diversity index is relatively lower in Jinchang and Longnan, whose diversity indexes are ranged from 0.8018~0.4970. The difference of diversity of various regions is significant and their diversity indexes are ranged from 0.0000~2.1383. Of 22 characters surveyed, 6 characters, for examples, grain protein content, length of main stem, 1000-grain weight, main panicle length, grain fat content, grain lysine content, etc., show higher diversity indexes than other characters like hullless grain color, seeding leaf color, spike shape, etc.

Keywords: foxtail millet; gemplasm resources; genetic diversity; diversity index; Gansu Province