

低温对玉米幼苗细胞膜透性变化的研究*

肖永瑚 郭法申

(吉林省农业科学院低温冷害室)

摘 要

以玉米幼苗为材料,用不同低温强度和时间进行处理,研究低温对玉米幼苗细胞膜透性的变化。实验结果表明:玉米幼苗不论地方品种、自交系或杂交种,细胞膜透性的变化是随着温度的下降和作用时间延长而递增,它与细胞受伤害程度一致。当玉米幼苗细胞膜透性处于可逆性增加时,膜透性可以恢复,说明玉米叶细胞对低温是一种适应性的反应。处于半可逆性增加时,说明玉米叶细胞已遭受冷害。当处于不可逆增加时,说明玉米叶细胞已受低温致死。比较83个不同品种(系),2℃低温下细胞膜透性的差异较明显,其电解质外渗%为7~51,钾离子外渗%为8~51,说明不同品种间膜结构的特性。电解质外渗%与钾离子外渗%成正相关。0℃24小时以上低温为玉米致死温度,2℃24小时或0℃6小时可作为鉴定玉米苗期耐冷性的温度指标。电解质外渗或钾离子外渗的%均可反应低温对玉米透性的变化。

生物细胞,通过细胞膜这种结构与生物体内细胞、细胞器及环境界面起着物质交换的作用,同时保持生物细胞正常生理生化过程的稳定性。当外界环境条件发生变化时,首先影响生物膜的物理化学性质的改变。如外界温度降到一定程度(不同植物、不同品种这一温度不同)时,生物膜首先发生膜脂物相的变化,细胞膜类脂由液晶相变为凝胶相而出现孔道,使细胞膜的透性发生变化(Lyons等人,⁽²⁾⁽³⁾1965、1973),细胞内容物外渗造成电解质增加,国外学者曾有不少研究,国内在柑桔咖啡等植物上研究表明,喜温植物在遭受低温影响后,细胞透性有显著的变化。他们研究结果均认为利用膜透性的变化可作为种质或品种抗冷(抗寒)性鉴定指标之一。

本文研究目的是:探讨喜温作物玉米受低温伤害过程中,细胞膜透性变化的规律,为北方玉米抗低温冷害育种和品种抗冷性鉴定提供依据和简便快速方法。

本实验于1980年进行。

一、材料与方 法

材 料: 来自陕西、河北、北京、辽、吉、黑等6个省市的87份玉米。

参加此项工作的还有郑秀梅同志。

方法：在ZS—400型人工气候箱内盆栽育苗，至三叶一心进行低温处理。低温梯度为8℃、2℃、0℃、-2.5℃、-5℃，处理时间为6、12、24小时。经低温处理后，取叶片（以2~3叶为主）准确称取1克，剪成1.5厘米长，并用重蒸水冲洗两遍，浸入装有20ml重蒸水的三角瓶中。用每分钟120次的振荡机振荡30分钟，再20℃保温浸提2小时，用DDS—11A型电导仪和火焰光度计分别测定电导率和钾离子（K⁺）浓度，以表示细胞膜透性的大小。经处理后其余样品，放在20℃温室中保温恢复24小时，再测定恢复后电导率和K⁺浓度。

以20℃恒温下的电导率和K⁺外渗量作为对照。

计算单位：电导率仪直接测得计量单位为μΩ/CM，钾离子浓度单位PPM，电解质外渗%（ $\frac{\text{低温处理}}{\text{煮沸}}\%$ ），钾离子外渗%（ $\frac{\text{低温处理}}{\text{煮沸}}\%$ ）

二、试验结果

（一）低温对玉米幼苗细胞膜透性的影响

经低温处理后的玉米幼苗，不论是地方品种、自交系或杂种，细胞透性均发生显著变化。其变化规律是：随着温度的下降和作用时间的延长而递增，在2℃低温后这个变化急剧增加，低温的强度和作用时间的长短二个因子对膜透性都具有促进的效应。

以吉69自交系为例，8℃低温处理12小时和24小时，电解质外渗%只比常温增加0.2~0.5倍，2℃低温处理12小时和24小时就增到4.2~5.4倍，0℃~-2.5℃低温使玉米电解质外渗%急增到6~13倍，延长作用时间透性加大，（如图1）-5℃低温电解质外渗%与-2.5℃处理接近或稍低。

试验结果看出，玉米受低温冷害后细胞透性变化的过程呈现为梯度特性的增加，这个结果与郭金铨⁽⁵⁾、刘祖琪⁽⁷⁾等人在小叶咖啡、柑桔和Lewis⁽⁴⁾等（1964）Emmert等（1953）在多种果树上研究结果一致。

（二）玉米幼苗细胞膜透性经低温伤害后透性的可逆性反应

丹玉9号玉米经不同梯度低温不同时间处理以后，置于20℃温室中保温恢复24小时，膜透性恢复程度如表1。

表1结果看出，受不同低温梯度伤害的叶细胞，解除低温后，经20℃24小时保温恢复，其细胞透性差异明显。2℃低温24

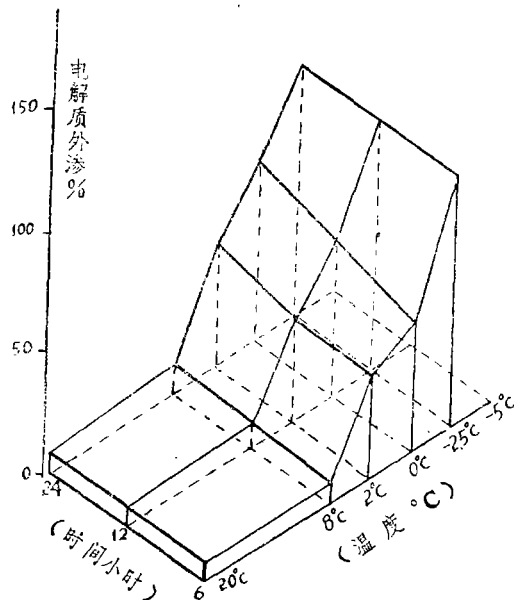


图1 低温强度和作用时间对玉米膜透性的影响

此外，电导率恢复值为 $300\mu\Omega/\text{CM}$ 以下，表现为可逆性的增加，膜透性基本可以恢复，说明此时叶细胞对低温是一种适应性的变化。低温为 0°C 24 小时以上，电导率恢复值在 $425\mu\Omega/\text{CM}$ 以上，均超过细胞膜全透性（煮沸值）的 50%，参照 LT50 与 LD50 值的关系叶细胞有 50% 受低温伤害到致死程度，该温度为致死温度其透性不能恢复。居于二者之间的处于半恢复状态，不同品种可逆范围有差异。

表 1 丹玉 9 号玉米细胞透性的可逆反应 单位： $\mu\Omega/\text{cm}$

项 目	8 °C		2 °C			0 °C			-2.5 °C			-5 °C		
	12	24	6	12	24	6	12	24	6	12	24	6	12	24
低温处理后电导率	106	112.5	277	245	315	340	355	445	305	275	725	565	460	610
20 °C 回温 24 小时电导率	99.5	99.5	290	267	300	325	250	425	666	465	945	617	1040	1230

恒温 20 °C 电导率为 128

试验结果表明：玉米幼苗叶细胞因受低温伤害细胞透性呈梯度特性增加，与细胞受低温伤害程度是一致的，通过细胞膜透性变化可测定细胞平均受害率。

(三) 品种间细胞透性差异

比较地方品种、自交系和杂种的透性看出：各品种常温下幼苗浸提液的电解质外渗% 有明显差异，如表 2 他们在 9~21 范围内，反应每个不同种质间膜结构的特异性。在低温条件下，各品种对低温的适应能力和忍耐能力不同，以 $2^\circ\text{C}\sim 0^\circ\text{C}$ 低温看，各品种电解质外渗% 减去常温下的起点值以后，看出杂种吉双 83 和丹玉 9 号耐低温最好，其次是自交系吉 69 和地方品种双城火苞米，早熟种秧和敦化大粒黄较差。这和表 3 中（9 月份自然气温下育苗）测得结果趋势一致并和田间低温后观察以及人工气候箱内低温处理幼苗后观察到萎蔫脱水结果一致。表 3 看出，品种间电解质外渗% 由 7~51， K^+ 外渗% 由 8~51，差异明显。

表 2 不同品种细胞透性比较 单位：电解质外渗%

处理温度	品 种 时 间	地 方 品 种		自 交 系		杂 交 种	
		双城火苞米	敦化大粒黄	吉 69	秧	吉 双 83	丹玉 9 号
常温 20 °C	恒 温	15.8	19.5	9.2	21.4	19.1	17.1
2 °C	6 (小时)	23.6	26.8	38.1	48.0	18.7	17.9
	12	48.8	48.8	49.3	48.6	22.0	31.4
	24	49.8	90.6	48.9	60.2	26.5	15.3
0 °C	6	34.8	54.4	53.3	66.6	14.7	15.3
	12	50.2	69.3	64.6	59.2	19.8	30.2
	24	85.1	107.6	77.5	83.0	19.3	40.7

注：2 °C、0 °C 值为减去常温 20 °C 起点值的值。

(四) 电导法与钾离子外渗的一致性

Palta⁽¹⁾ 等 (1977) 分析受害细胞外渗物中阳离子以 K^+ 为主，占外渗物的 20%，

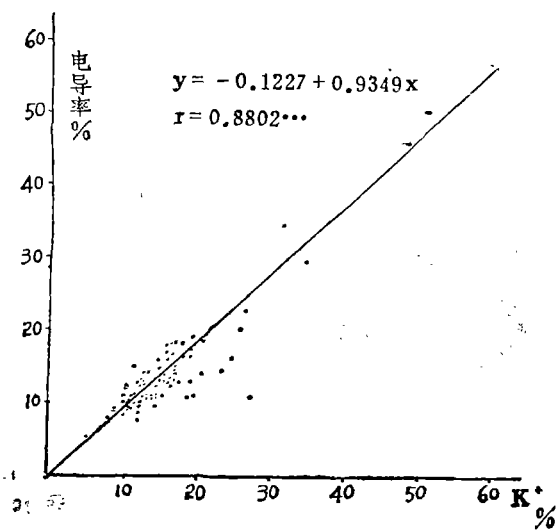


图2 电导率与K⁺的相关性

其它为非电解质,主要为糖,占80%。
K⁺外渗%与电导率%高度相关。我们的试验结果也验证了这点,测得87个玉米品种(表3)。2℃低温处理24小时电导率%与钾离子外渗%呈极显著相关,如图2,相关系数为 $r=0.8802^{***}$

其直线方程 $y = -0.1227 + 0.9349x$ 。

随温度的降低电解质外渗与K⁺外渗的增加基本是相平行的增加关系(如图3)。因此用电导法或K⁺外渗均可反应细胞透性的变化。

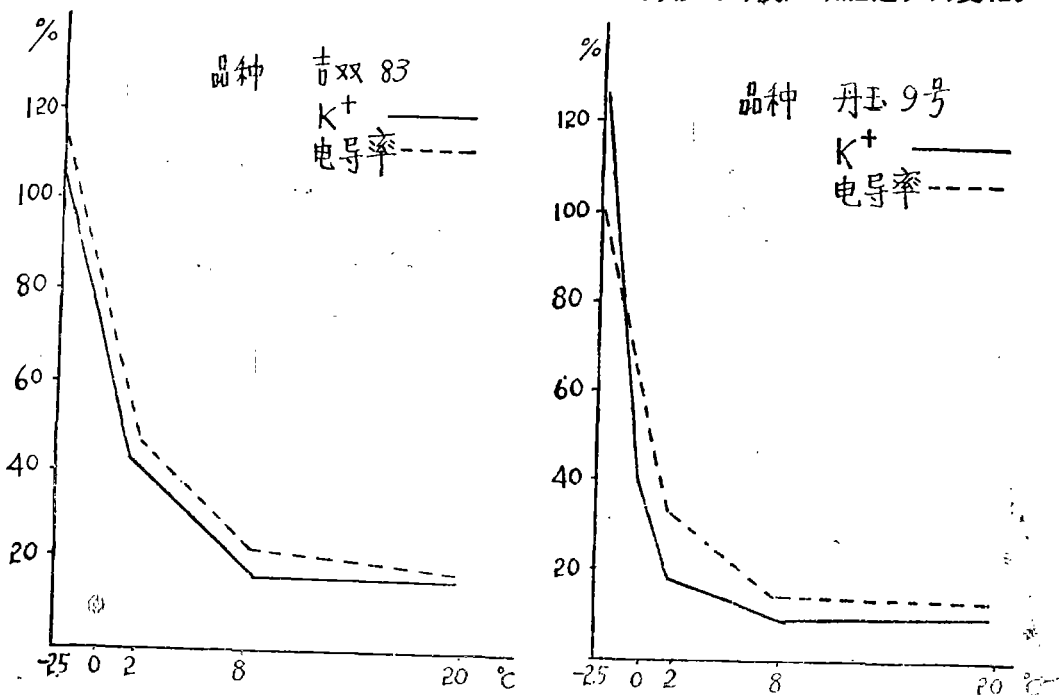


图3 电解质外渗与K⁺外渗的关系

三、讨 论

(一) 低温引起玉米幼苗叶细胞透性发生变化,透性变化大小受外界低温的强度和作用时间的长短,以及不同品种耐低温的能力而定。0℃24小时以上可以使玉米幼苗受害致死,试验表明供试品种在低温处理过程中,细胞透性随着温度的下降而递增,膜透性大小与细胞伤害程度一致。因而利用膜透性变化规律来表示细胞受伤害的程度,借以区别品种耐冷能力,作为鉴定品种苗期耐冷性是可能的。

表 3

玉米品种经 2℃低温处理24小时后的电导率和钾离子浓度

项 目		电导率%	K ⁺ %	项 目		电导率%	K ⁺ %
品 种				品 种			
杂交种				MO	17	14.69	17.15
白双 × 北 711		8.09	9.43	吉	708	14.24	16.49
吉 单 83		9.0	9.13	铁	133	14.93	15.64
红 33 × 711		10.11	12.54	L Y S	36	15.07	11.75
门 14 × V 44		10.32	10.48	冬	黄	15.78	16.8
CRB 37 × 330		10.69	11.48	旅	华	15.85	13.13
丹 玉 9 号		11.42	27.64		330	16.12	14.83
吉 单 101		12.2	13.6	组	61	16.73	18.33
嫩 单 3 号		12.8	13.7	78—203 黄芽 6		17.18	16.0
2 PSC—5		12.8	12.91	榆 黄	109	18.03	17.20
2 PTC—75		12.14	16.63	大 风 9 号		18.25	18.04
丹 玉 6 号		13.0	16.1	MO 17		18.62	25.0
MO17 × 旅 9 宽		13.11	17.58	榆 黄	101	18.93	20.72
大穗黄—1/牛11		13.14	16.33		335	19.56	17.78
黄 牙 × R 343		13.08	12.82	威 凤	322	20.53	21.09
甸	11	13.311	12.43	旅	28	21.57	24.28
HD 103 × 垦 44		13.48	15.27	旅	9 宽	23.33	17.07
甸 11 A × 7010		16.5	19.38		秧	23.6	26.77
黑 8 × 528—3 C		16.53	16.42	334—4 (丹东所)		24.64	23.72
MO17 × 334—11		16.69	24.85	白 旅	28	25.83	17.5
榆 单 1 号		17.01	16.77	罗	31	26.92	21.76
770151		18.24	16.6		334—11	28.3	17.12
红 宝 1 号		20.66	26.18		334—1	29.17	22.65
自交系					332—1	30.35	33.33
桦	94	8.8	12.42	地方品种			
吉	69	9.64	9.35	双 城 头 苞 米		7.75	8.36
A 632		9.68	14.5	蛟 河 白 头 翁		8.67	10.16
Ro1—143		10.07	11.82	宝 鸡 黄 马 牙		9.1	10.82
门	14	10.46	14.33	海 龙 红 骨 子		9.36	12.31
吉	63	11.06	13.89	透 心 黄		11.2	9.26
曲	43	11.26	12.98	永 吉 白 头 霜		11.4	14.59
吉	725	11.28	14.0	磐 石 红 瓢 细		11.18	10.7
黄	芽	11.32	14.0	小 黄 棒		11.24	15.51
BUP44		11.19	19.12	榆 树 小 粒 红		12.37	12.64
A 662		11.62	13.5	巴 彦 牛 尾 黄		13.61	15.85
加	279	11.69	11.52	古 拉 古 也 瓦		14.33	17.04
英	55	11.73	14.28	榆 树 红 瓢 细		14.52	13.6
B70		11.93	19.95	怀 德 红 瓢 细		17.5	19.31
334—4 (资源所)		12.18	14.71	东 丰 黄 苞 米		19.53	19.94
2109		13.42	16.08	多 穗 玉 米		21.55	18.89
R343		13.62	17.3	英 粒 子		34.92	31.94
榆 黄	102	14.45	20.96	敦 化 小 粒 红		47.94	49.47
				敦 化 大 粒 黄		51.57	51.58

注：以上品种均在自然条件下盆栽育苗，ZS—400型人工气候箱内低温处理后测得结果。

(二) 作为玉米苗期耐冷鉴定的温度范围, 本试验结果表明, 2 °C 24小时或 0 °C 12小时均可。

(三) 关于早熟品种耐低温问题。部分早熟品种萌动下限温度低, 幼苗期早生快发性强, 但用膜透性方法研究结果, 特早熟品种秧和敦化大粒黄等品种, 电解质外渗和 K^+ 浓度都突出的高, 表现出苗期耐低温性很差, 其原因有待进一步研究。

(四) 细胞透性变化, 电导率和 K^+ 增加, 均可受外界逆境如干旱、低温、高温、盐碱、毒气污染所引起。而我们的试验是在其它条件一致, 用低温控制处理的结果。所以用电导率和 K^+ 渗透大小, 可以反应不同品种抗低温能力的差异。

参 考 文 献

- [1] J. P. Palta., P. H. Li., 1978 Cell Membrane Properties in relation to freezing injury. 《Plant Cold Hardiness and Freezing Stress》Academic Press Inc P.P.93—115
- [2] Lyons.J.M., 1973 Chilling injury in Plants Ann.Rtv.Plant Physiol. 24: 445—466
- [3] Lvens.J.M., Asmundson. C.M, 1965 Solidification of unsaturated/saturatad fatty acid mixtures and its relationship to chilling sensitirity in plants.F.Amer. Qilchem.Soc., 42: 1056—1058
- [4] Lewis. T.T., Worman.M., 1964 The effect of low temperature in Phosphate esterification and cell membrane permeability in tomato fruit and Cabbage leef tissue. Austr. F. Biol.sci., 17(1): 147—152
- [5] 郭金铨 在冷害过程中咖啡离体叶细胞膜透性变化的研究《植物生理学报》1979 Vol.5 No.3
- [6] 杨家骝、刘祖琪、刘谷良 导电法测定柑桔耐寒性的灵敏度 和精确性的检验 《南京农学院学报》1980 第一期
- [7] 刘祖琪 应用电导法鉴定柑桔耐寒性的研究 1980年(内部资料)。
- [8] P.H. Li(美国Minnesota 大学园艺系教授、植物抗性实 验室主任)在北京农大专题讲课稿“植物抗寒性及与其它逆境的关系”