

低温对玉米幼苗生理反应的影响*

高素华 郭建平

(中国气象科学研究院,北京 100081)

张国民 王连敏 王立志

(黑龙江省农业科学院,哈尔滨 150086)

提 要

将玉米晚熟品种吉单159三叶期幼苗进行6℃、10℃低温处理3天、6天,发现幼苗脯氨酸含量明显增加,电导率提高,可溶性蛋白含量随着低温处理时间的延长先增加后减少,叶绿素SPAD值减少,光合速率下降。

关键词:低温 玉米幼苗 脯氨酸 电导率 叶绿素 可溶性蛋白 光合速率

引 言

低温冷害是东北地区主要气象灾害之一,对粮食生产有很大威胁,建国以来多次发生全区性和局部性低温冷害,造成粮食大幅度减产,其中4次减产达50亿kg左右,最严重的1972年达63亿kg。

玉米是东北地区种植面积最大、总产量最多的粮食作物。该地区玉米产量年际间差异很大,除了干旱及生产条件限制外,主要是低温造成的。玉米低温冷害多属延迟型,在幼苗期常发生。本研究以玉米幼苗为试验材料,从脯氨酸、电导率、叶绿素、可溶性蛋白和光合速率等方面研究了幼苗期低温胁迫伤害的机理。其结果可为研究玉米低温冷害有效的防御技术提供依据。

1 材料和方法

吉单159(晚熟品种)于1997年5月20日盆栽播种。盆直径33cm,高26cm。三叶期移至黑龙江省农业科学院作物栽培研究所的人工气候室内,对幼苗进行低温处理,处理温度是:6℃、10℃,处理时间是:3天和6天,以室外为对照。

人工气候室为自然光玻璃室,每间面积为18m²,共4间;控制温度为5~30℃(±1℃);控制湿度为60%~75%(±7%),温湿度调控全部自动化,并可自动补光,使其

* 本文由国家科技攻关项目96-020-01-06专题资助。
1997-10-27收到,1998-07-24收到再改稿。

接近自然光照。

除温度控制在 6℃ 和 10℃ 外,其它条件均与对照一致。脯氨酸、电导率和可溶性蛋白测定以全株地上部分为样品,测定重复 9 次。叶绿素 SPAD 值测定分别取第 1 片、第 2 片和第 3 片叶的中间部位,3 次重复。光合速率系整株测定,3 次重复。脯氨酸采用酸性茚三酮提取,分光光度计比色法测定。电导率采用电导仪测定(电阻法)。叶绿素含量采用日本产叶绿素计活体直接测定。可溶性蛋白采用凯氏定氮法测定。

2 结果分析

2.1 低温对玉米幼苗脯氨酸含量的影响

表 1 给出不同温度下玉米脯氨酸含量,表明低温处理对玉米幼苗脯氨酸含量的影响很大。温度越低,脯氨酸含量就越高。经过 6℃ 低温处理 3 天后,脯氨酸含量比对照增加了 1.92 倍;10℃ 处理时,脯氨酸含量增加 0.58 倍。随着低温处理时间的延长,脯氨酸含量增加更为显著。经过 6℃ 低温处理 6 天比对照增加 2.31 倍;经过 10℃ 处理 6 天,则脯氨酸含量增加了 0.99 倍。通过试验结果可见,脯氨酸含量有可能成为判断玉米幼苗受低温影响的一个较好的生理指标。

表 1 低温对玉米幼苗脯氨酸含量的影响

处理	天数	脯氨酸含量($\mu\text{g}/\text{ml}$)
6℃	3	3.5
10℃	3	1.9
对照(20℃)	3	1.2
6℃	6	26.5
10℃	6	15.9
对照(19℃)	6	8.0

表 2 低温对玉米幼苗电导率的影响

处理	天数	电导率(%)
6℃	3	12.3
10℃	3	7.85
对照(20℃)	3	6.81
6℃	6	21.68
10℃	6	20.37
对照(19℃)	6	17.97

2.2 低温对玉米幼苗电导率的影响

电导率的增大是细胞电解质外渗增加所致,是细胞膜系统遭受伤害的指标。细胞膜对作物十分重要,因为物质交换等重大生理过程都在此处进行,所以它受到伤害时对作物的生长发育将产生重大影响。表 2 为不同低温处理时,电导率的变化。由表 2 可见,经过 6℃ 处理 3 天后,电导率比对照增大 80.6%;经过 10℃ 处理后,电导率增大 15.3%。低温处理时间延长,各温度处理间电导率增幅有所下降,6℃ 处理 6 天电导率增大 20.6%;10℃ 时增大 13.4%。结果表明低温强度对电导率的影响远大于低温时间的影响。

2.3 低温对玉米幼苗的可溶性蛋白含量的影响

蛋白质代谢对植物的耐冷性具有重要作用。低温可引起植物生长缓慢和出现保护性反应,这种反应表现为含氮化合物的积累、蛋白质复合体的重组以及可溶性蛋白质的积累。关于玉米在低温过程中蛋白质代谢的变化曾有人研究过,但多数是在人工生长箱内培养,然后放入冰箱中进行低温处理,生长环境与田间相差甚远。而我们于 1997 年春选用晚

熟吉单 159 在自然条件下生长到三叶期后,再移至光、湿度条件与自然条件一致的人工气候室内进行低温处理(表 3).

从表 3 可以看出,可溶性蛋白质含量在低温条件下与对照相比呈增加趋势.经过 6℃ 处理 3 天后,比对照增加 4%;10℃ 时增加 16%.低温使玉米幼苗可溶性蛋白质先增加,但随低温时间延长,又慢慢下降,本试验低温延续到 6 天时,不同温度处理可溶性蛋白质含量比同一温度处理 3 天时分别减少:6℃ 处理减少 6%;10℃ 处理减少 28%.

表 3 低温对玉米幼苗可溶性蛋白质含量的影响

处理	天数	蛋白质含量(%)
6℃	3	15.36
10℃	3	17.24
对照(20℃)	3	14.84
6℃	6	14.45
10℃	6	12.33
对照(19℃)	6	14.16

2.4 低温对玉米幼苗叶片叶绿素含量(SPAD)的影响

叶绿体是作物光合作用的器官,叶绿素含量的多少直接影响光合产物.在低温条件下,叶片中的叶绿素有所变化,如表 4 所示.

表 4 低温对叶片 SPAD* 的影响

	6℃						对照(19℃)					
	天数						天数					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
第 1 片叶		50.5	50.0	47.0	48.7	42.7	53.0	52.0	54.0		53.0	53.0
第 2 片叶	41.0	45.5	39.0	39.2	38.6	38.2	50.0	50.0	54.0		54.0	51.0
第 3 片叶	37.0	41.0	37.0	33.0	33.0	31.8	46.0	47.0	51.0		44.0	48.0

* SPAD 值换算为叶绿素含量:叶绿素含量 = SPAD / (10 × 0.98 mg · cm⁻²)

从表 4 中可以看出,在低温条件下 SPAD 值呈减少趋势,以第 2 天为例,6℃ 时第 1 片叶减少 3%,第 2 片叶减少 9%,第 3 片叶减少 13%;10℃ 时也有相同的变化趋势,而且随低温时间的延长,减少得更加显著,两者呈指数相关.以第 1 片叶为例,1 至 6 天(不包括第 4 天)分别减少 7.5%、15.4%、15.6%、14.7%、17.4%.低温的效应,首先表现在抑制(或减缓)玉米的生长速度,甚至可以导致叶绿体破坏,因此,无论在哪种温度下,叶绿素含量都比对照低.从另一角度看,延缓生长速度也有延迟衰老的特性.从对照植株 1~6 天的叶绿素动态看,表现出了成熟向衰老发育的过程,因为在苗期叶片伸出速度很快,老叶很快被新叶代替.此外,从 1、2、3 叶片的叶绿素动态变化来看,第 2 叶的变化幅度最小,说明:①第 1 叶开始走向衰老,叶绿素在自然下降的过程中受低温的影响从而下降更快.②第 3 叶是比较幼嫩的叶片,一切代谢活动比较活跃,受环境条件的影响也最大,所以导致叶绿素含量的急剧下降.而第 2 叶是此期的主要功能叶,叶片已基本定型,因此受到的影响较小.

2.5 低温对玉米幼苗光合作用的影响

低温导致光合作用减弱.温度越低,低温时间越长,减弱得越明显.低温造成光合作用减弱的原因除上述光合作用器官(叶绿体)减少外,光合作用面积下降也是重要原因,低温

使叶面积明显减少(表 5),而且随温度的降低而降低. 6℃(3 天)低温条件下,叶面积比对照减少 42.6%;10℃时减少 39%.

表 5 低温对玉米幼苗光合速率的影响

处理	天数	光合速率($\mu\text{g}/(\text{cm}^2\text{h})$)	叶面积(cm^2)
6℃	3	-2.420	33.36
10℃	3	9.298	35.46
对照(20℃)	3	20.185	58.18
6℃	4	-11.660	35.60
10℃	4	-5.967	45.73
对照(19℃)	4	24.967	60.73
6℃	7*	-1.812	40.40
10℃	7*	9.239	82.35
对照(19℃)	7*	19.022	140.12

注: * 处理结束后第 1 天.

由表 5 可见,光合速率和叶绿素、叶面积一样,在低温胁迫时呈下降趋势. 6℃低温处理 3 天,光合速率比对照下降 111.9%左右,光合速率已为负值,呼吸作用大于光合作用,处理 4 天下降 147.2%. 在 10℃低温处理 3 天条件下,光合速率虽然明显下降(53.9%),但仍为正值,待第 4 天转为负值. 表中的 7 天也就是恢复正常温度后的第 1 天,经 6℃低温处理的幼苗因叶片受到轻度伤害,叶绿素下降明显,光合速率仍为负值. 10℃处理的幼苗光合作用转为正值,说明 10℃低温对幼苗的伤害小于 6℃时的伤害. 叶绿素的含量也相对较高,所以光合速率很快转为正值,但仍小于对照.

3 结论和讨论

通过试验,研究了低温胁迫对玉米幼苗生理过程的伤害,结果表明:

- (1) 低温胁迫使玉米幼苗脯氨酸含量有所增加.
- (2) 低温胁迫使玉米幼苗电导率有所增大. 电导率增大与低温强度关系密切.
- (3) 低温胁迫使玉米幼苗可溶性蛋白含量先增加,低温时间延长又慢慢有所减少.
- (4) 低温胁迫使叶片 SPAD 值减少.

(5) 低温胁迫破坏了细胞膜系统,使叶绿素和叶面积减少,最终导致光合速率下降. 6℃低温处理,无论 3 天或 4 天光合速率均为负值,此时以呼吸为主导. 10℃条件下在短时间光合速率还可维持较高的正值,但低温时间延长,也转为负值.

(6) 本试验在大型人工气候室内完成,除了低温保证严格控制外,空气湿度、辐射条件、土壤条件及田间管理条件基本一致. 由于受到经费的限制,难以多次重复进行试验,所得结果是在一次试验、重复取样下得到的,有些结论在今后的工作中还要不断验证和深化,以便取得更好更有规律的结果.

通过试验,较详细的研究了低温胁迫对玉米幼苗生理过程的影响,但因作物栽培的生理过程是相当繁杂的,还有待进一步深入和完善.

参 考 文 献

- 1 王茅雁,于秀翠,武兰芳,耿庆汉. 低温对玉米幼苗可溶性蛋白质含量与合成的影响. 内蒙古农牧学院学报,1990,11(2):133~137.
- 2 张毅,顾慰连,戴俊英. 低温对玉米光合作用、超氧化物歧化酶活性和籽粒产量的影响. 作物学报,1992,18(5):398~400.
- 3 苏正淑,张毅,郑波. 低温对玉米光合作用及叶面积和籽实产量的影响. 辽宁农业科学,1990,(5):22~24.

THE IMPACTS OF LOW TEMPERATURE ON CORN SEEDLING PHYSIOLOGICAL RESPONSE

Gao Suhua Guo Jianping

(*Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081*)

Zhang Guomin Wang Lianmin Wang Lizhi

(*Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086*)

Abstract

Putting the 3rd—leaf stage seedling of late variety of corn, Jidan 159 in the low temperature of 6°C and 10°C to treat for 3 and 6 days, it is shown that the proline content is increased obviously, and the electric conductance is also raised. The content of solubility protein is increased firstly and then decreased with the prolongment of treatment time. The SPAD value of chlorophyll is decreased, and the photosynthetic rate is decreased.

Key words: Low temperature Corn seedling Proline Electric conductance Chlorophyll Solubility protein Photosynthetic rate