

王海梅. 高温胁迫对河套灌区玉米生理指标及产量构成要素的影响[J]. 干旱气象, 2015, 33(1): 59-62, [WANG Haimei. Influence of High Temperature Stress on Physiological Indexes and Yield Components of Maize in Hetiao Irrigation District[J]. Journal of Arid Meteorology, 2015, 33(1): 59-62, doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-01-0059

## 高温胁迫对河套灌区玉米生理指标 及产量构成要素的影响

王海梅

(内蒙古自治区气象科学研究所, 内蒙 呼和浩特 010051)

**摘要:**通过设置不同梯度的温度环境,分析高温处理后玉米各项生理指标的变化情况,并对处理过的植株进行跟踪观测,分析产量构成因素的变化,确定玉米高温热害的关键温度。研究表明:(1)  $\geq 32$  °C的高温环境,对玉米各项生理指标和产量构成产生一定影响;(2)随着处理温度的升高和高温胁迫时间的延长,可溶性糖含量、可溶性蛋白含量与SOD活性均表现为先升后降的波动变化趋势,百粒重、茎秆重呈现波动下降趋势,秃尖比呈波动上升趋势;(3)38 °C是多数生理指标变化的转折点,可视为玉米耐受高温的重要转折温度。

**关键词:**高温胁迫;生理指标;产量构成;河套灌区

**文章编号:**1006-7639(2015)-01-0059-04 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-01-0059

**中图分类号:**S166

**文献标识码:**A

### 引言

内蒙古河套灌区(40°19'N~41°18'N,106°20'E~109°19'E)是我国面积最大的自流灌区,北依阴山,南临黄河,西接乌兰布和沙漠,东至包头市,总面积达105万 $\text{hm}^2$ 。由于地处干旱与半干旱气候区及荒漠与草原过渡地带,气候干旱少雨,大风日数多,常年降水量为127~232 mm,年平均气温为5~9 °C,总日照时数3 085~3 320 h,夏季光照充足,高温炎热<sup>[1-3]</sup>。

高温胁迫是影响植物产量和品质的主要非生物胁迫之一,高温会破坏生物膜的功能键,导致膜蛋白变性或凝聚,高温还会影响植物的光合特性。植物的遗传学基础、发育水平以及细胞的抗氧化能力等自身因素,都影响植物的抗高温性能,植物本身具有一定的抗逆性,在高温胁迫环境中,会进行一系列的生理生化特性调整<sup>[4-8]</sup>。

IPCC(政府间气候变化专门委员会)第7次评估报告预测,从现在开始到2100年,全球平均气温将升高1.8~4.0 °C,全球变暖将会使更多的生物面临高温威胁<sup>[9]</sup>。河套灌区是内蒙古重

要的粮油生产基地,玉米是该区的主要作物。温度是影响玉米生长发育的主要因素之一。由于河套灌区夏季气温高,7、8月份河套灌区玉米正处在抽雄、开花、灌浆、乳熟的重要时期,因此,高温仍然是河套灌区比较容易发生的农业气象灾害之一,对当地农业生产造成一定影响。但轻度的高温热害很难通过植物外形的变化来判断,本文进行了一系列高温胁迫试验,通过各项生理指标及产量机构的对比分析,明确高温胁迫强度及其持续时间对玉米的影响,以期确定内蒙古河套灌区玉米高温热害的气象预警指标奠定基础。

### 1 试验材料和方法

供试玉米品种为郑单985,4月下旬在临河农业气象试验站采取覆膜、人工点播的方法,在田间种植供试用苗,分3期播种,每期40~60株,每期间隔5 d,以使花期错开,便于重复试验。高温胁迫试验主要集中在玉米开花期进行,温控设施采用开顶式气室加上能正反转的电机及加热组件来实现。2013年试验主要针对玉米叶片进行,共设32、35、38、40、42 °C 5个温度梯度,每个温度3次重复,分别处理

收稿日期:2013-10-08;改回日期:2014-02-27

基金项目:公益性行业(气象)科研专项(GYHY201206021)“河套灌区主要农作物农业气象预评估技术研究”资助

作者简介:王海梅(1976-),女,博士,高级工程师,主要从事农业气象、生态气象科研工作. E-mail:wanghmhuhe@126.com

1、3、5 h,室外温度为对照 CK;2014 年针对玉米花器官做了补充试验,温度控制梯度为:34、35、36、37、38、39、40、41、42 °C,处理时间为 2 h。

温度控制处理结束后 0.5 h 内,取棒三叶部分叶片及花器官组织于 -70 °C 液氮中冷冻 30 h 后,置于 -50 °C 冰箱中保存,用于测定可溶性糖含量、可溶性蛋白含量、SOD 活性等各项生理指标。其中,可溶性糖含量的测定采用蒽酮法;可溶性蛋白含量的测定采用考马斯亮蓝法;SOD 活性的测定采用 NBT 法,单位以抑制 NBT 光化还原的 50% 为一个酶活性单位表示。

试验后的植株继续挂牌观测发育期和长势,并进行正常的田间管理,成熟后考种测产。考种内容包括:果穗长、果穗粗、单株子粒数和子粒重、百粒重、茎叶重、秃尖比。

## 2 结果分析

### 2.1 高温对玉米生理指标的影响

#### 2.1.1 可溶性糖含量

可溶性糖是理想的渗透调节物质,逆境中,部分植物可以通过增加可溶性糖含量,加大细胞原生质浓度,增强细胞液的流动性以起到抗脱水的作用,是植物增加机体抗逆性、对不利环境的本能生理反应。

由图 1 可见,随着处理温度的升高,玉米叶片可溶性糖含量先升后降,在 38 °C 处理时达到最大值,可溶性糖含量比 32 °C 处理上升了 78%;40 °C 以上处理玉米叶片的可溶性糖含量迅速下降,40 °C、42 °C 处理时的玉米叶片可溶性糖含量仅为 32 °C 时的 60% 左右。以上分析表明,38 °C 是玉米叶片可溶性糖含量进行自身抗逆反应的上限温度。随着处理温

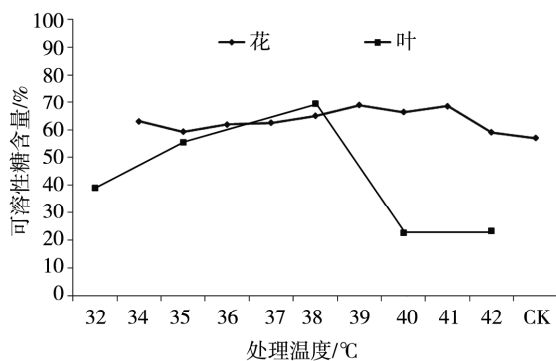


图 1 高温对玉米(叶片、花)可溶性糖含量的影响

Fig. 1 Effects of high temperature treatment on soluble sugar content of maize(leaf & flower)

度的升高,玉米花的可溶性糖含量呈波动变化趋势,在 39 °C 处理时达到最大值,之后可溶性糖含量波动下降,表明 39 °C 是玉米花可溶性糖含量进行自身抗逆反应的高温上限。

#### 2.1.2 可溶性蛋白含量

高温胁迫还会诱导产生新的可溶性蛋白。可溶性蛋白的亲水性较强,含量上升可以增强细胞的持水力,减少高温胁迫对植物体的损伤。由图 2 可见,随着处理温度的升高,玉米叶片可溶性蛋白质含量均表现为先升后降的趋势,在 38 °C 处理时达到最高值,表明 38 °C 是玉米叶片蛋白含量自身调节的转折温度;在低于 38 °C 高温胁迫环境,可诱导玉米叶片产生新的可溶性蛋白,使植物体细胞的可溶性蛋白含量增加,有利于提高机体的抗逆性。高于 38 °C 以上的高温环境,植物体的自我调节功能显著下降,表明 38 °C 是玉米叶片耐受高温的上限温度。玉米花可溶性蛋白质含量的变化趋势与叶片的规律基本一致,也是在 38 °C 处理时达到最高值,但波动幅度比较大。

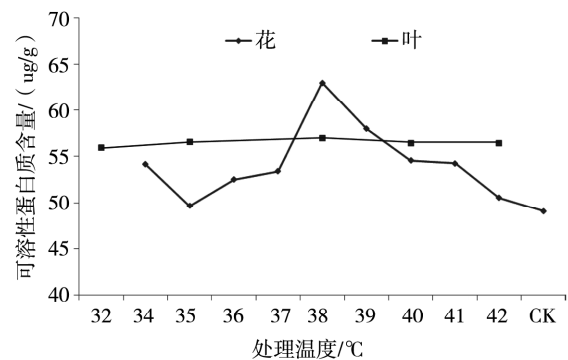


图 2 高温对玉米(叶片、花)可溶性蛋白含量的影响

Fig. 2 Effects of high temperature treatment on soluble protein content of maize(leaf & flower)

#### 2.1.3 SOD 活性

SOD 是植物重要的抗逆保护酶系统。随着处理温度的升高,玉米叶片 SOD 活性表现为波动变化的趋势(图 3),在 40 °C 处理时达到最高值,表明低于 40 °C 范围内的高温环境可以诱导细胞内 SOD 的再合成,减少细胞内多余的自由基对细胞伤害的速度与程度,是植物对高温的防御反应。高于 40 °C 的高温环境会使玉米叶片的防御系统受到损坏,导致 SOD 活性下降,表明 40 °C 是玉米叶片 SOD 活性进行自我调节的转折点温度。随着处理温度的升高,玉米花的 SOD 活性表现为波动变化趋势,但在 38 °C 处理时达到最高值,表明 38 °C 是玉米花通过 SOD 活性进行自我调节的转折温度。

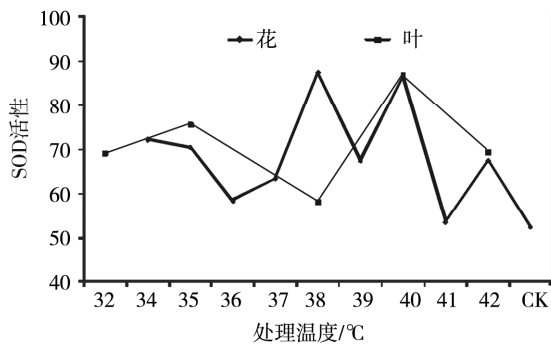


图 3 高温对玉米(叶片、花)SOD 活性的影响  
Fig.3 Effects of high temperature treatment on SOD activity of maize(leaf & flower)

米茎秆重的下降比例为 0.83% 和 30%。

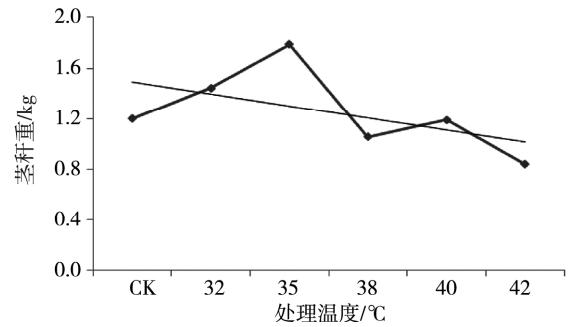


图 5 高温胁迫对玉米茎秆重的影响  
Fig.5 Effects of high temperature treatment on stalk weight of maize

### 2.2 高温对玉米产量构成要素的影响

对高温处理后的玉米植株继续观测其发育期和长势,并进行正常的田间管理,待成熟后进行考种测产,分析高温对主要产量构成要素的影响。

#### 2.2.1 平均百粒重

由图 4 可见,随着处理温度的升高,玉米百粒重呈现波动下降趋势,百粒重随处理温度升高的线性变化方程如下:  $y = -0.437x + 38.249 (R^2 = 0.5638)$ 。与对照相比,32 °C 及以上的高温处理,均会对玉米百粒重产生影响。总体来讲,处理温度越高,玉米百粒重下降幅度越大。与对照相比,32 °C 和 35 °C 处理,玉米百粒重的下降比例在 5% 以内,38 °C、40 °C、42 °C 处理,玉米百粒重的下降比例在 5% ~ 7.5% (表 1)。

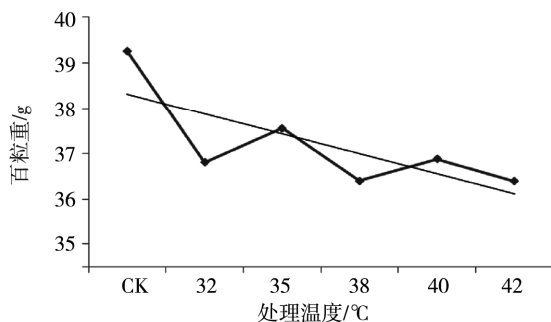


图 4 高温胁迫对玉米百粒重的影响  
Fig.4 Effects of high temperature treatment on 100 - kernel weight of Maize

#### 2.2.2 茎秆重

由图 5 可见,随着处理温度的升高,玉米茎秆重呈现波动下降趋势,茎秆重随处理温度升高的线性变化方程如下:  $y = -0.0944x + 1.5842 (R^2 = 0.2877)$ 。由表 1 可见,38 °C 及以上的高温处理,对玉米茎秆重产生较稳定的影响,处理温度越高,玉米茎秆重下降幅度越大。与对照相比,40 °C 和 42 °C 高温处理,玉

#### 2.2.3 秃尖比

由图 6 可见,随着处理温度的升高,玉米秃尖比呈现波动增加趋势,秃尖比随处理温度升高的线性变化方程如下:  $y = 0.0062x + 0.0267 (R^2 = 0.4661)$ 。表明 32 °C 及以上的高温处理,均对玉米秃尖比产生明显影响,处理温度越高,玉米秃尖比增加幅度越大。与对照相比,32 °C 和 35 °C 高温处理,玉米秃尖比的增加比例在 150% 以内,38 °C、40 °C、42 °C 处理,玉米秃尖比增加的比例在 150% ~ 250% (表 1)。

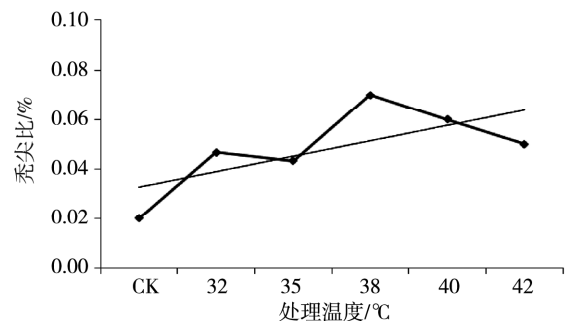


图 6 高温胁迫与玉米秃尖比的关系  
Fig.6 Effects of high temperature treatment on the rate of ear barren tip of maize

表 1 不同程度高温胁迫对玉米产量构成要素的影响

Tab.1 Effects of high temperature treatment on yield components of maize

处理温度 /°C	与 CK 对照的变化百分率/%		
	百粒重	茎秆重	秃尖比
42	-7.41	-30.00	-150
40	-6.16	-0.83	-200
38	-5.52	3.89	-250
35	-4.31	49.17	-116
32	-4.15	5.83	-125

注:负值表示下降;正值表示上升

### 3 结论与讨论

农业上的高温热害是指高温对植物生长发育和产量形成所造成的损害,高温对夏玉米的影响主要是阻碍光合作用正常进行,降低光合速率,使呼吸消耗量大大增强,从而导致玉米开花授粉和结实受阻、灌浆期缩短、籽粒重下降、空秕率上升、甚至生长停滞,最终造成作物产量和品质下降、甚至绝收。农业笼统地把高温热害标准定为日平均气温 $\geq 29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;日最高气温 $\geq 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。事实上,不同作物和同一作物的不同发育期耐受高温的能力不同,高温热害的气象指标也不尽相同。所以,确定高温热害的气象指标时必须同时考虑作物种类及其所处的发育期。在实际生产中,轻度高温热害很难用肉眼通过观察植物外形变化来确定,从生理生化的角度能更好地解释不同程度高温对作物的影响。本文设置不同程度的高温胁迫环境,通过分析玉米各项生理指标及产量构成的变化情况,确定高温热害的关键温度<sup>[10-13]</sup>。

研究发现:(1)所有 $\geq 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温环境,对玉米各项生理指标和产量构成均产生一定影响;(2)随着处理温度的升高和高温胁迫时间的延长,可溶性糖含量、可溶性蛋白含量与SOD活性均表现为先升后降的波动变化趋势,百粒重、茎秆重呈现波动下降趋势,秃尖比呈波动上升趋势;(3) $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ 是多数生理指标变化的转折点,可视为玉米耐受高温的重要转折温度。

在了解河套灌区玉米高温发生发展规律的基础上,通过制定高温热害预警的气象指标,加强高温热害的气象预报,并因地制宜提出高温热害的防御措

施,首先要及时灌溉补墒,增强抗高温能力,其作用一是补足土壤水分,二是降低田间温度,以利于玉米的正常开花、授粉及结实,促进籽粒灌浆。

#### 参考文献:

- [1] 武荣盛,侯琼,赵慧颖,等. 内蒙古河套灌区春玉米苗期光温指标[J]. 应用生态学报,2015,26(1):241-248.
- [2] 冯兆忠,王效科,冯宗炜. 河套灌区秋浇对不同类型农田土壤氮素淋失的影响[J]. 生态学报,2003,23(10):2027-2032.
- [3] 王海梅,侯琼,云文丽,等. 内蒙古河套灌区玉米与向日葵霜冻的关键温度[J]. 生态学报,2014,34(11):2948-2953.
- [4] 戴廷波,赵辉,荆奇,等. 灌浆期高温和水分逆境对冬小麦籽粒蛋白和淀粉含量的影响[J]. 生态学报,2006,26(11):3670-3675.
- [5] 刘萍,郭文善,浦汉春,等. 灌浆期短暂高温对小麦淀粉形成的影响[J]. 作物学报,2006,32(2):182-188.
- [6] 石玉,于振文. 施氮量及底追比例对小麦氮素吸收转运及产量的影响[J]. 作物学报,2006,32(12):1860-1866.
- [7] 戴廷波,孙传范,荆奇,等. 不同施氮水平和基追比对小麦籽粒品质形成的调控[J]. 作物学报,2005,31(2):248-253.
- [8] 何照范. 粮油籽粒品质及其分析技术[M]. 北京:农业出版社,1985.
- [9] 赵素芬,何培民. 高温对两种卡帕藻的酶活性、色素含量与叶绿素荧光的影响[J]. 生态学报,2011,31(22):6845-6852.
- [10] 李永庚,蒋高明,杨景成. 温度对小麦碳氮代谢、产量及品质的影响[J]. 植物生态学报,2003,27(2):164-169.
- [11] 封超年,郭文善,施劲松,等. 小麦花后高温对籽粒胚乳细胞发育及粒重的影响[J]. 作物学报,2000,26(4):399-405.
- [12] 李永庚,于振文,张秀杰,等. 小麦产量与品质对灌浆不同阶段高温胁迫的响应[J]. 植物生态学报,2005,29(3):461-466.
- [13] 刘萍,郭文善,浦汉春,等. 花后短暂高温对小麦籽粒蛋白质含量的影响及其生理机制[J]. 作物学报,2007,33(9):1516-1522.

## Influence of High Temperature Stress on Physiological Indexes and Yield Components of Maize in Hetao Irrigation District

WANG Haimei

(Inner Mongolia Meteorological Institute, Hohhot 010051, China)

**Abstract:** By setting different gradient temperature environments, this paper analyzed the physiological indexes of maize under different high temperature situation, and tracked the treated plants, analyzed the changes of the yield components, then determined the critical temperatures of the high temperature stress treatment of maize. The results are as follows: (1) High temperature environment more than or equal to  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$  had some effects on the physiological indexes and yield components of maize; (2) With the increasing of treatment temperature and prolonging of the period of high temperature treatment, the soluble sugar content, soluble protein content and SOD activity increased firstly and then decreased, and 100-kernel weight and stalk weight showed a downward trend, but the ear barren tip showed an upward trend; (3)  $38\text{ }^{\circ}\text{C}$  was a turning point in many physiological indexes of maize tolerance to high temperature, which could be regarded as the important transition temperature.

**Key words:** high temperature treatment; physiological indexes; yield components; Hetao irrigation district