

灌浆期高温胁迫对冬小麦 叶源、库器官生理活性的影响及调控

郑 飞¹, 臧秀旺¹, 黄保荣¹, 何钟佩²

(1 河南省农业科学院小麦研究所, 河南 郑州 450002; 2 中国农业大学作物化控研究中心, 北京 100094)

摘要: 研究了灌浆期高温胁迫条件对冬小麦叶源、库器官某些生理指标的影响。结果表明, 高温胁迫导致冬小麦叶源、库活性显著降低。高温胁迫能显著降低冬小麦子粒蔗糖酶的活性, 降低子粒可溶性糖含量, 胁迫发生初期子粒 ATP 酶的活性迅速降低; 高温胁迫导致冬小麦的旗叶 MDA 含量、脯氨酸含量上升。适当的调节剂处理能显著改变高温胁迫条件下上述生理指标的变化动态, 显著抑制高温胁迫条件下冬小麦旗叶光合性能的下降, 延缓叶片衰老的进程, 对保持叶源、库器官的生理活性有显著的作用, 协调源库关系, 降低高温胁迫对植株的伤害程度。

关键词: 高温胁迫; 叶源器官; 库器官; 调节剂

中图分类号: S512.101 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2001)02-0099-05

灌浆期高温胁迫是冬小麦生长后期主要的灾害性气候因素之一^[1,2], 在全国各主要冬春麦区均有频繁发生, 损失巨大。国内外对此问题的研究已有一些报道^[3-6], 但对旗叶的研究居多, 很少涉及高温胁迫对库器官本身的影响, 对源、库器官在高温胁迫条件下的相互关系研究目前还未见报道。本研究对冬小麦库器官子粒和叶源器官旗叶、倒二叶与植株抗逆性密切相关的几个生理指标在高温胁迫条件下的变化动态进行了研究, 试图对此问题进行进一步的解释。

1 材料和方法

试验于 1997~1999 年在中国农业大学实验田进行。供试材料为京冬 8 号。大田材料采用田间高效增温棚胁迫, 花后 17~24 d 进行, 日最高温度 49℃, 相对湿度(50±5)%, 适时揭膜控温、控湿; 室内控温试验在光照培养室内进行, 胁迫温度(38±1)℃, 相对湿度(35±5)%。

北农化控 II 号(II 号)采用 20% 微乳剂拌种处理(中国农业大学作物化控研究中心提供), 用量 45 mL/hm², 次年于小麦起身初期叶面喷施, 喷施用量 375 mL/hm², 对水 375 kg/hm²。

可溶性糖测定采用蒽酮法测定; 脯氨酸测定方法依徐晓峰等(1997), 略加改进; 丙二醛测定方法依刘祖祺等(1994); 蔗糖活性测定方法依何钟佩等(1997); ATP 酶活性测定参照陈季楚等(1983)的方法并略加改进。

试验设 4 个处理, 常温对照为(ck), 高温处理为 ck(T), 北农化控 II 号处理为 II, 北农

化控Ⅱ号+ 高温处理为Ⅱ(T)。

2 结果与讨论

2.1 高温胁迫对冬小麦库器官生理活性的影响

2.1.1 高温胁迫对子粒可溶性糖含量的影响 可溶性糖是小麦子粒同化物运输和转化的重要形式和原料之一。因此，可溶性糖含量的高低在一定程度上可以反映子粒生理代谢活动的活跃程度。在高温胁迫条件下，小麦子粒可溶性糖含量也明显降低。从表 1 可以看出，在高温胁迫开始的当天(花后 18 d, DAA18)，子粒可溶性糖含量即开始下降，在整个高温处理期间(DAA18– DAA25)，高温处理(ck(T)，Ⅱ(T))的可溶性糖含量均比常温处理(ck，Ⅱ)低，在高温胁迫解除后，其可溶性糖含量也始终低于相应常温处理。可以认为，在小麦植株受到高温胁迫时，其源器官，包括整体机能都受到了伤害，因此向库器官运输的同化物量也相应减少，因此导致处理可溶性糖含量的降低。

表 1 中给出了Ⅱ号对子粒可溶性糖含量的影响数据。可以看出，在常温条件下，Ⅱ号处理显著提高了子粒的可溶性糖含量，差异达显著水平。在高温胁迫条件下，Ⅱ号处理可以有效地防止子粒可溶性糖含量的降低。胁迫发生后，ck(T)的子粒含糖量较ck有较大幅度的下降，而Ⅱ(T)与Ⅱ处理相比其下降幅度要小。在胁迫发生的当天(DAA18)，ck(T)子粒含糖量较ck下降了 7.8%，而Ⅱ(T)和Ⅱ相比仅下降了 5.5%。当胁迫结束时(DAA25)，ck(T)子粒含糖量较ck下降了 8.9%，而Ⅱ(T)和Ⅱ相比仅下降了 6.1%。

表 1 调节剂处理对高温胁迫条件下子粒可溶性糖含量的影响 %

品种	处理	授 粉 后 天 数						
		DAA9	DAA16	DAA18*	DAA20*	DAA25*	DAA31	DAA40
京冬 8 号	ck	1.579	0.959	0.639	0.630	0.594	0.565	0.473
	ck(T)	1.570	0.948	0.589	0.559	0.541	0.434	0.405
	Ⅱ	1.756	1.124	0.848	0.840	0.778	0.680	0.575
	Ⅱ(T)	1.748	1.115	0.801	0.782	0.730	0.634	0.542

注：* 为高温处理期。

2.1.2 高温胁迫对子粒蔗糖酶活性的影响 蔗糖酶又称转化酶，在植物的库组织中有较高的活性，与植物的蔗糖水解有着密切的关系，是衡量同化物转化与利用、植物细胞代谢与生长的主要指标之一。

高温胁迫对子粒蔗糖酶活性的影响见图 1 (以鲜重计)。在正常温度条件下，试验观测的 72 h 内 ck 的子粒蔗糖酶活性变化比较平稳。胁迫发生前(0h)各处理蔗糖酶活性差异显著，Ⅱ(T) > ck(T)。当高温胁迫发生后，两高温处理的蔗糖酶活性发生了较大幅度的变化。在胁迫发生后 2 h 内，子粒蔗糖酶活性明显上升，而后下降，在胁迫 16 h 左右时又有较大幅度的上升，之后即开始逐渐下降。胁迫发生后 72 h，蔗糖酶活性的次序为Ⅱ(T) > ck(T)。由此可见，高温逆境条件下，调节剂Ⅱ号处理可以明显保持小麦子粒的生理活性，促进高温胁迫条件下同化物在子粒内的转化。

2.1.3 高温胁迫对子粒 ATP 酶活性的影响 一些研究表明，ATP 酶在物质运转过程中起着“质子泵”的作用，其活性的高低与同化物的接纳和子粒灌浆速率有密切的相关关系。图 2

中，高温胁迫条件下子粒 ATP 酶活性的动态变化过程(以鲜重计),可以看出，在正常条件下，子粒 ATP 酶的活性在 72 h 内的变化同蔗糖酶活性的变化趋势是一样基本平稳的。高温胁迫开始后，ATP 酶活性迅速下降，这与高温胁迫条件下子粒可溶性糖含量、灌浆速率的变化动态是吻合的。但在胁迫 16 h 以后，子粒 ATP 酶活性又逐渐有所回升，但总趋势是下降的。

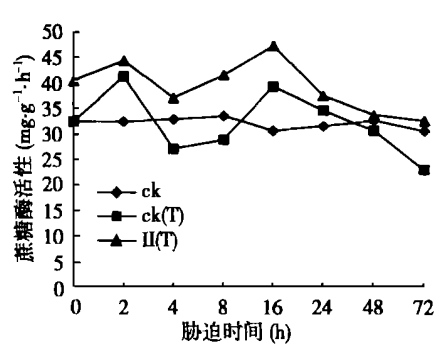


图 1 高温胁迫条件下子粒蔗糖酶活性的变化及调节剂对其的影响

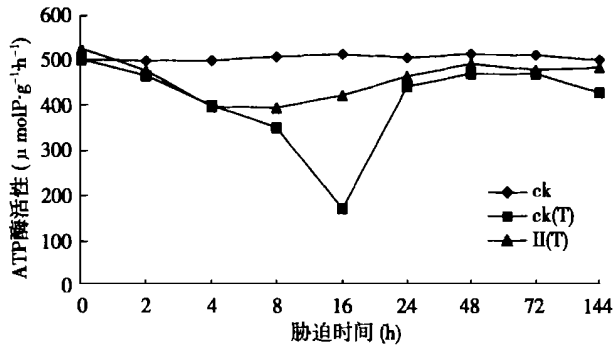


图 2 高温胁迫条件下子粒 ATP 酶活性的变化及调节剂对其的影响

在胁迫开始前及胁迫结束后，II(T)处理的 ATP 酶活性始终高于 ck(T)，这与灌浆速率、可溶性糖含量等指标的变化动态是吻合的，可见，通过提高子粒内部与同化物代谢密切相关的酶活性，维持库器官高度的生理代谢活性，是 II 处理减轻高温危害的重要途径之一。

2.2 高温胁迫对冬小麦叶源器官生理活性的影响

2.2.1 对旗叶脯氨酸含量的影响 脯氨酸是与小麦的抗逆性密切相关的生理指标之一。研究表明，在干旱胁迫条件下冬小麦叶片的脯氨酸含量急剧增加，而且脯氨酸含量的高低与小麦抗旱特性有明显的相关关系，一些研究甚至认为可以把脯氨酸含量作为衡量小麦品种抗逆性高低的主要生理指标之一。

正常温度条件下，冬小麦旗叶的脯氨酸含量是比较稳定的，但在高温胁迫条件下，冬小麦旗叶脯氨酸含量迅速提高(图 3)。以处理 ck(T) 为例，从胁迫开始到胁迫 144 h 结束后，旗叶脯氨酸含量增加了 236.5%。对 II(T)来讲，胁迫 4 h 后的脯氨酸含量高于 ck(T)，经

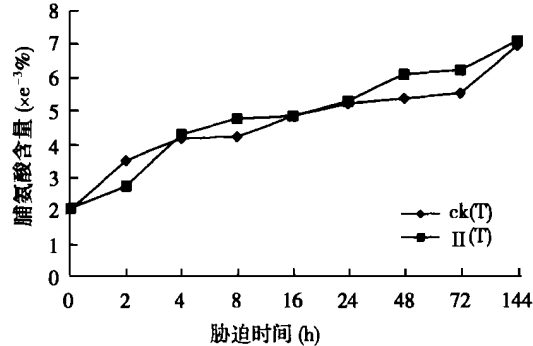


图 3 高温胁迫条件下冬小麦旗叶脯氨酸含量的变化及调节剂的影响

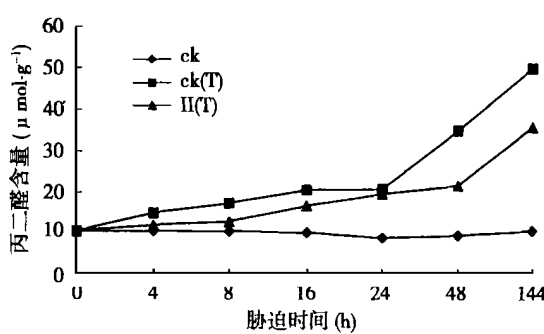


图 4 调节剂处理对高温胁迫条件下冬小麦旗叶 MDA 含量的影响

144 h 胁迫后旗叶脯氨酸含量大小为 $\Pi(T) > ck(T)$ ，但二者差异未达显著水平。

2.2.2 对旗叶 MDA 含量的影响 丙二醛(MDA)是植株过氧化作用的主要产物之一。在逆境条件下植株的过氧化作用产生大量的有害物质，对植株的正常代谢产生影响。在高温胁迫条件下冬小麦旗叶的 MDA 含量变化如图 4 (以鲜重计)。

在正常温度条件下(图中 ck), ck 旗叶的 MDA 含量维持低而平稳的水平。在高温胁迫条件下, 冬小麦旗叶的 MDA 含量增加, 以 24 h 为界, 在此之前旗叶的 MDA 含量增加缓慢, 但胁迫超过 24 h 之后, 旗叶的 MDA 含量急剧增加, 以 ck(T) 为例, 胁迫开始前与胁迫 144 h 后, 旗叶的 MDA 含量增加了 500% 之多。

调节剂处理有效地降低了旗叶在高温胁迫条件下 MDA 的积累。 $\Pi(T)$ 处理在高温胁迫结束后旗叶 MDA 含量显著低于 ck(T)。由此可见, Π 处理在很大程度上减少了过氧化作用有害产物的积累, 减轻了过氧化作用对冬小麦源器官的伤害。

2.2.3 对倒二叶 MDA 含量的影响

图 5 给出了高温胁迫条件下冬小麦倒二叶 MDA 含量的变化动态和 $\Pi(T)$ 处理对其变化的影响(以鲜重计)。从变化趋势上看, 高温胁迫对倒二叶 MDA 含量的影响与对旗叶的影响趋势基本一致, 但从其数量上来看, 倒二叶在高温胁迫条件下 MDA 的含量要比旗叶大得多。 $\Pi(T)$ 处理的 MDA 含量数量基本与旗叶相差无几外, ck(T) 的 MDA 在倒二叶中的含量远远大于其在旗叶中的含量。从高温胁迫期间各功能叶片的形态来看, 倒二叶的死亡时间远远快于旗叶, 这种差异可能与叶片过氧化作用有毒产物 MDA 在不同叶片的积累量不同有关。

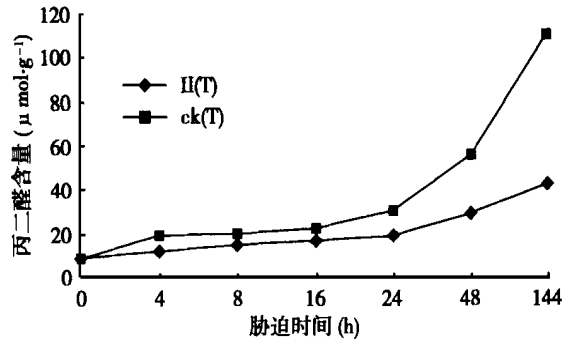


图 5 调节剂处理对高温胁迫条件下冬小麦倒二叶 MDA 含量的影响

参考文献:

- [1] 田良才. 高温胁迫—小麦超高产的主要障碍[J]. 山西农业科学, 1995, 23(2): 14–18.
- [2] 邹琦. 小麦的高温伤害与高温适应[J]. 植物学报, 1988, 30(4): 388–395.
- [3] 赵微平. 小麦生理学和分子生物学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993.
- [4] 姜成后. 生物化学调控与农业[J]. 植物生理学通讯, 1992, 28(1): 1–3.
- [5] 北方小麦干热风科研协作组. 小麦干热风[M]. 北京: 气象出版社, 1988.
- [6] 金善宝. 小麦生态理论与应用[M]. 杭州: 浙江科技出版社, 1992.

Effects of High Temperature Stress on the Source and Sink Organ of Winter Wheat During Filling Stage and Its Regulation

ZHENG Fei¹, ZANG Xi-wang¹, HUANG Bao-rong¹, HE Zhong-pei²

(1 Crop Chemical Control Lab of WHIAAS, Zhengzhou 450002, China;

2 Crop Chemical Control Center, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: The study focused on the physiological damages of the high temperature stress on the winter wheat in the filling stage. The following aspects were researched in this experiment, the result indicated that the high temperature stress can decrease the activity of ATPase, decrease the content of solubility sugar on the grain. The stress can improve the MDA and Pro content in the flag leaf and the 2nd leaf from top. Huakong II (II) can restrain the decrease of ATPase activity of the grain and the MDA and Pro content in the function leaves, in this way, it keep the higher activity of source and sink organ of winter wheat under the stress condition.

Key words: Winter wheat; High temperature stress; Leaf activity