

## 热胁迫下辣椒基因型耐热潜力的评价

Mujahid Ali<sup>1</sup>, Muhammad Imran Lodhi<sup>2</sup>, Choudhary Muhammad Ayyub<sup>2</sup>, Zahoor Hussain<sup>1</sup>, Zaid Mustafa<sup>3</sup>,  
Tehseen Ashraf<sup>1</sup>, Bilal Akram<sup>1</sup>, Saqib Ayyub<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 萨戈达大学农业学院园艺系, 巴基斯坦

<sup>2</sup> 农业大学园艺科学研究所, 巴基斯坦

<sup>3</sup> 阿拉马·伊克巴尔公开大学农业部, 巴基斯坦

**【摘要】**夏季蔬菜受到高于阈值水平的高温的严重影响, 最终导致其生产的严重损失。为了应对这些经济损失, 已采取了不同的策略。本研究旨在筛选出灯笼椒的耐热基因型。为此, 在费萨拉巴德农业大学园艺科学研究所的植物生长室进行了实验。从 Ayub 农业研究所 Faisalabad (AARI) 引进了 10 个基因型的灯笼椒 (C1G3, C3G5, C7G4, V6G4, C2-E, C5G4, C43-D, C4G3, C43-A, C2G3) 并进行了种植。进行了高达 40°C 的热处理。收集有关农艺性状 (叶片数, 根长, 枝长, 幼苗干重, 幼苗鲜重, 电解质渗漏) 和生理学 (气孔导度, 光合速率, 蒸腾速率和水分利用效率) 的数据。适当的统计设计用于分析数据。研究结果证明, 热应激显著影响筛选基因型的生理, 形态和机制, 这些基因型遵循热应激的顺序为 C5G4, C1G3, C2G3, C43-A, C3G5, C43-D, V6G4, C4G3, C43-A 和 C2G3。在高温胁迫下所有这些变化的共同作用导致植物生长和生产力差。根据生理和生理参数, 基因型 C5G4, C1G3 和 C43-A 是耐受性最高和耐药性最高的基因型。

**【关键词】**热应激, 青椒, 基因型, 生理, 筛选

### Evaluation of heat tolerance potential in *Capsicum annum* L. genotypes under heat stress

Mujahid Ali<sup>1</sup>, Muhammad Imran Lodhi<sup>2</sup>, Choudhary Muhammad Ayyub<sup>2</sup>, Zahoor Hussain<sup>1</sup>, Zaid Mustafa<sup>3</sup>,  
Tehseen Ashraf<sup>1</sup>, Bilal Akram<sup>1</sup>, Saqib Ayyub<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Horticulture, College of Agriculture, University of Sargodha, Sargodha-40100 Pakistan.

<sup>2</sup>Institute of Horticultural Sciences, University of Agriculture, Faisalabad-38000, Pakistan

<sup>3</sup>Department of Agriculture, Allama Iqbal Open University Islamabad-44000- Pakistan

**【Abstract】** Summer vegetables are severely affected by high temperature above threshold level which ultimately results in serious losses of their production. To cope with these economic losses different strategies had been adopted. The present study was designed to screen out heat tolerant genotypes of bell pepper. For this purpose, experiment was conducted in plant growth room in Institute of Horticultural Sciences, University of Agriculture Faisalabad. Ten genotypes of bell pepper (C1G3, C3G5, C7G4, V6G4, C2-E, C5G4, C43-D, C4G3, C43-A, C2G3) were brought from Ayub Agriculture Research Institute Faisalabad (AARI) and were grown. Heat treatment up to 40°C was given. Data regarding agronomic traits (number of leaves, root length, shoot length, seedling dry weight, seedling fresh weight, electrolyte leakage) and physiological (Stomatal conductance, photosynthetic rate, transpiration rate and water use efficiency) was collected. Proper statistical designs were used to analyze the data. The research findings proved that heat stress significantly affected physiology, morphology and mechanisms of screened genotypes which followed the order for the heat stress as C5G4, C1G3, C2G3, C43-A, C3G5, C43-D, V6G4, C4G3, C43-A and C2G3, respectively. The collective effects of all these changes under high temperature

注: 本文首次发表于 Advance in Biological Research (《生物研究进展》) 2020; 1(1): 16-22. 经 Advance in Biological Research 杂志授权二次发表。

stress resulted in poor plant growth and productivity. On the basis of physical and physiological parameters, genotypes C5G4, C1G3 and C43-A were among the most tolerant group and the most resistant genotypes.

**【Keywords】** Heat Stress, Bell Pepper, Genotypes, Physiology, Screening

## 1 前言

甜椒 (*Capsicum annuum* L.) 是茄科的一员, 是全世界第二大消费蔬菜, 还含有高水平的维生素 C, 维生素原 A 和钙<sup>[1]</sup>。它既可以用作沙拉也可以用作干厨师。由于成本高昂, 它获得了很高的地位。它在该国经济中占 GDP 的 1.5%。根据巴基斯坦政府的数据, 每年种植的梭状芽胞杆菌在 7.38 万公顷的土地上, 产量为 18.77 万吨, 平均产量为 2.5 吨公顷<sup>-1</sup> [2]。植物学的 *C. annuum* 是水果, 但根据烹饪环境通常被称为蔬菜, 而辣椒属中也包含这种植物。在 *C. annuum* 中, 缺少辣椒素和亲脂性化学物质, 这可能是强烈的灼烧感的源头, 可能是由于与之接触。辣椒中不存在辣椒素是由隐性形式的去除辣椒素的基因引起的, 因此, “热”味通常与辣椒属的其余部分有关。它们的酥脆, 坚实和一致的精致甜味使其成为最受欢迎的蔬菜之一。由于新鲜的和未加工的辣椒粉都被用作蔬菜, 因此可以将它们作为煮熟的或沙拉用的食物在炒菜中食用<sup>[3]</sup>。

热应激是农业的主要挑战<sup>[4]</sup>。在高于脱粒保持水平的温度升高 1°C 时, 番茄产量下降约 10%<sup>[5]</sup>。当植物遭受热胁迫时, 它可以促进活性氧的产生, 最终产生氧化胁迫<sup>[6]</sup>。它还会导致控制耐热潜力的基因表达发生变化<sup>[7]</sup>。作为响应, 植物争夺热胁迫的耐受力, 例如通过改变基因表达进行调节, 这在某种程度上成为热耐受性的原因<sup>[8]</sup>。为了避免在植物中出现这种情况, 已经成功地应用了叶面渗透防护剂, 渗透液, 植物激素, 多胺, 信号分子以及主要营养或微量元素<sup>[9] [10]</sup>。不同蔬菜的幼苗期受热胁迫的影响最大<sup>[11] [12]</sup>。尽管黄瓜是一个暖季作物, 但它不能忍受高温胁迫<sup>[13]</sup>。在比较水平上研究幼苗在高温下对 3 种物种的不同变种或基因型对于评估高温耐受潜力至关重要<sup>[14]</sup>。不同作物的不同基因型在其最大的生理和形态过程性能范围内具有其特定的最佳温度范围。在这些最佳温度之外, 极限作物无法生长。超过温度范围的阈值水平, 植物便无法实现其正常功能<sup>[4]</sup>。减轻辣椒中的热应激影响是当前的需要<sup>[15]</sup>。

## 2 材料和方法

十种甜椒的基因型 (C1G3, C3G5, C7G4, V6G4,

C2-E, C5G4, C43-D, C4G3, C43-A, C2G3) 来自阿伊布农业研究所费萨拉巴德 (AARI)。植物在塑料盆中生长, 无菌砂用作生长培养基。每个盆中都装满沙子, 播种后将 Hoagland 的溶液用作营养来源。Hoagland 的溶液后来被定期用作营养培养基。将种子播种在装有沙子作为生长介质的盆中。有四个重复, 每个重复中有五个植物。将植物保持在温度受控条件下 (28/22°C 日/夜) 的生长室中。幼苗出苗后四周进行热应激。每天将温度升高 2°C, 以避免任何震动, 直到达到所需的高温水平 (40/32°C 日/夜)。达到处理温度后 10 天, 收获植物并分析热应激的影响。之后, 将幼苗连根拔起, 然后再进行形态参数 (叶片数, 枝长 (cm), 根长 (cm), 幼苗新鲜重量 (g), 幼苗干重 (g), 叶绿素含量 (SPAD 单位))。此外, 红外气体分析仪 (IRGA) (LCi-SD, ADC Bio-scientific UK) 用于收集气孔导度, 光合速率和蒸腾速率。

### 2.1 电解液泄漏 (EL) (%)

为了计算叶细胞的电解质渗漏, 通过遵循 Farkhondeh 等人 (2012 年)<sup>[16]</sup>的方法进行了一些改动, 从而评估了细胞膜的稳定性 (CMS)。在用去离子水洗涤 0.3g 叶子样品之后, 获取叶子样品, 将它们放置在具有 15mL 去离子水的管中, 并在二十五摄氏度下温育两个小时。之后, 确定溶液 (L1) 的电导率。然后将样品在 120°C 高压灭菌 20 分钟, 并在 25 摄氏度平衡后计算最终电导率 (L2) (通过以下公式测量叶电解质渗漏 (EL)):

$$EL (\%) = L1 / L2 \times 100$$

### 2.2 实验设计与统计分析:

将具有单个因素的完全随机设计 (CRD) 应用于实验。通过采用 Fisher 的方差分析技术对收集到的数据进行统计分析, 并使用显著性水平为 5% 的 LSD 检验治疗效果的显著性<sup>[17]</sup>。

## 3 结果

结果表明, 在 40°C 的高温胁迫下, C5G4 的叶片最大数量为 5.25, 其次是 C1G3 和 C43-A 的叶片数量为 4.25, V6G4, C43-D 和 C4G3 的叶片数量为 4.00, C2G3 和 C21-E 具有 3.75, C7G4 和 C3G5 的

最小叶数分别为 2.50 和 3.00。甜椒基因型的芽长也显示出明显的结果。

C5G4 记录最大芽长(6.80 cm), C2G3 和 C43-A 分别记录为 (5.50 cm) 和 (5.22 cm)。C7G4 观察到最小 (3.65 厘米) 芽长。根长也显示出显著的结果 (图 A)。

基因型 C5G4 在 6.35 cm 的热胁迫下具有最大根长。C43-A 和 C3G5 的根长分别为第二和第三位。基因型 C7G4 似乎对热胁迫最敏感, 在 40°C 下的最小根长为 3.35 cm, 而 C43-D 的第二最小根长为 3.55 cm (图 B)。

通过 LSD 测试对方法的比较还根据甜菜苗的鲜重对甜椒基因型进行了分类。计算了实验结束时的幼苗鲜重, 其在所有基因型中都不同。基因型的灯笼椒幼苗鲜重较高, 对热胁迫的耐受性更高。基因型 C5G4 的最大幼苗鲜重为 0.54 g, 其次是 C1G3, 其具有 0.49 g, C21-E (0.43 g), C2G3 (0.39 g), C43-D (0.38 g), C4G3 (0.38 g), C3G5 (0.37 G), V6G4 (0.36 g) 和 C43-A (0.30 g), 而在 40°C 下

C7G4 记录的最小重量为 0.23 g (图 C)。

从变异分析可以看出, 所有基因型的幼苗干重均发生显著变化。计算了实验结束时的幼苗干重, 其在所有基因型中都不同。基因型的灯笼椒幼苗干重在耐热胁迫的植物中最大。C5G4 的最大幼苗干重为 0.095 g, C21-E, C43-D (0.065 g), C3G5 (0.065 g), C2G3 (0.065 g), C43-A (0.062 g), V6G4 (对于基因型 C7G4, 记录了 0.060 g), C4G3 (0.057 g), C1G3 (0.055 g) 和最小幼苗干重 (0.045 g)。从以上结果可以得出结论, 与耐热性灯笼椒基因型 (例如 C5G4) 在 40°C 相比, C7G4 灯笼椒基因型对热胁迫敏感, 并且不能产生更多的茎干重量 (图 D)。

观察到, 在 40°C 下, C43-A 继之以 C2G3 揭示了最大的电解液泄漏, 而最小的 C3G5 继之以 C1G3 揭示了 (图 F)。

C5G4 中最大气孔导度(0.040), C2G3 和 V6G4 中为 0.035, C43-A, C43-D 和 C1G3 中为 0.032, C3G5 和 C4G3 中为 0.027, C7G4 和 C21-E 中为 4022 时最小值 C (表 1)。

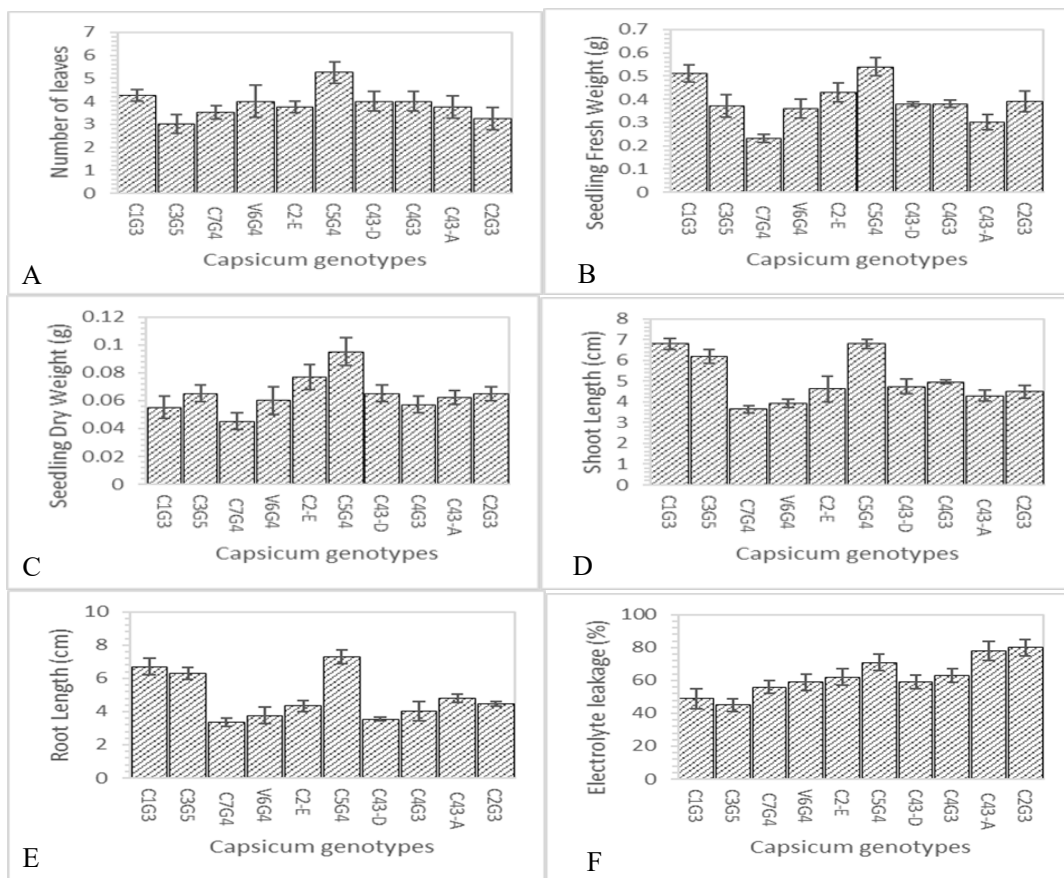


图 1 热胁迫 (40°C) 对 (A) 叶片数, (B) 幼苗鲜重 (g), (C) 幼苗干重 (g), (d) 苗长 (cm) (e) 根的影响 长度 (cm) 和 (f) 电解液泄漏 (%)

表 1 黄瓜基因型对热胁迫 (40°C) 的生理响应 (气孔导度, 光合速率, 蒸腾速率和水分利用效率)

Genotypes	Physiological attributes								
	Stomatal conductance (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )		Photosynthetic rate (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )		Transpiration rate (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )		Water use efficiency (A/E)		
C1G3	0.032	ab	1.85	a	0.99	abc	1.85	a	
C3G5	0.027	bc	0.78	b	0.97	bc	0.79	b	
C7G4	0.022	c	0.37	cd	0.93	c	0.40	cd	
V6G4	0.035	ab	0.49	bcd	1.11	abc	0.43	cd	
C21-E	0.022	c	0.17	d	0.95	c	0.18	d	
C5G4	0.040	a	2.18	a	1.21	a	1.80	a	
C43-D	0.032	ab	0.74	bc	1.03	abc	0.72	bc	
C4G3	0.027	bc	0.71	bc	1.03	abc	0.70	bc	
C43-A	0.032	ab	0.51	bcd	1.20	ab	0.41	cd	
C2G3	0.035	ab	0.70	bc	1.20	ab	0.60	bc	

Means sharing similar letter in a row or in a column are statistically non-significant (P>0.05)

甜椒的所有基因型在热胁迫下表现都不同。与敏感基因型相比,抗性基因型显示出更高的光合速率。记录了 C5G4 的最大光合作用 (2.18), 其次是 C1G3 (1.85), C3G5 (0.78), C43-D (0.74), C4G3 (0.71), C2G3 (0.70), C43-A (0.51), V6G4 (0.49) C7G4 在热胁迫下的最低光合速率为 0.37。从这些结果可以得出结论,基因型 C5G4 和 C1G3 在 40°C 的热胁迫下更具抗性 (表 1)。

记录到 C5G4 的最大蒸腾速率 (1.21), 然后是 C43-A 和 C2G3 的 1.20, V6G4 的 1.11, C43-D 和 C4G3 的 1.03, C1G3 的 0.99, C3G5 的 0.97, C21-E 的最小值 0.93。C7G4 中的值为 0.93。从以上结果可以推断出 C7G4 是一种敏感基因型,它封闭了气孔以减少叶片水分的流失,因此光合速率也降低了。甜椒的基因型在相同的 40°C 热胁迫条件下显示出水的气孔导度差异显著 (表 1)。

C5G4 中记录了最高用水效率 (1.21), C43-A 中记录了 1.20, V6G4 中记录了 C2G3 1.11, C43-D 和 C4G3 中记录了 1.03, C7G4 中记录了最低用水效率 (0.93)。在所有基因型中, C5G4 被证明对水分利用效率最好,而其他基因对热胁迫更敏感,在热胁迫下不能提高水分利用效率。通常,很明显,在 40°C 时,不仅在细胞和组织水平,而且在亚细胞水平,解剖结构都受到高温的明显影响 (表 1)。

#### 4 讨论

上述发现表明,正在考虑的各种基因型揭示的

不同,这由 Ali 等人证明。(2019)<sup>[18]</sup>在热胁迫条件下。在目前的研究中,发育不良的生长减少了叶片的数量。我们的发现与以下说法相符:据报道,只要生殖发育减少而不降低光合作用速率,热胁迫就会减少叶片的数量<sup>[19]</sup>。以上结果表明,某些基因型的芽长度比其他基因型的要短。本研究证实了在温度范围为 0、6 和 10°C 的玫瑰上进行 2 天和 14 天的实验结果,得出的结论是,带宽增加会缩短茎长度以及在收获期的鲜重,而与收获天数无关。施加温度<sup>[20]</sup>。如 Vollenweider 和 Gunthardt-Goerg (2005) 所述<sup>[21]</sup>,热胁迫会引起芽和根生长的明显减少。随着我们实验中根长的减少,随着我们实验中根长的减少,这与 Ali 等人的发现是一致的。(2019)<sup>[18]</sup>证明黄瓜的不同基因型会因热胁迫而变化。Wang and Yarnauchi (2006) 和 Yin 等。(2005)<sup>[22]</sup><sup>[23]</sup>提到,根部增大通常通过土壤水分干燥而冷凝,但通常变化不如芽生长,有时甚至可以加速,这导致在水分不足的情况下根冠比增加。土壤。波特等。(2005)<sup>[24]</sup>指出,根部生长对热胁迫的敏感性比其他器官要高,并随着热胁迫而降低。轻微的温度应力会减少根长和直径。

发现热胁迫对栽培和自然生长的植物最重要的破坏作用是植物生物量合成的下降。因此,可以得出结论,随着水分流失的增加,幼苗的鲜重降低。这些结果与 Rajeswara (2002) 和 Singh (1999)<sup>[25]</sup> [26] 相比,后者报告了由于营养生长减少而导致的单产

下降。Cicer arietinum L.<sup>[27][28]</sup>和 Zea mays L<sup>[29]</sup>认为在胁迫条件下芽的鲜重和干重减少。

目前的研究表明, 胁迫条件下植物的生长与非生物胁迫下的干物质分配, 光谱和时间根系分布, 生物量分配过程密切相关。胁迫对农作物的常见不利影响是新鲜和干燥生物量的生产减少(Farooq 等, 2009)<sup>[30]</sup>, 水分缺乏条件下较高的根系生长会增加植物的胁迫耐受性(Chaves 和 Oliveria, 2004)。<sup>[31]</sup>

我们的研究证明, 热胁迫实际上干扰了叶片气孔的功能。事实证明, 与耐性品种相比, 敏感性品种对气孔导度的负面影响通常更为明显。因此, 结果与以前的工作一致, 即植物的代谢以多种方式响应高温而发生变化, 主要是通过产生能够组织细胞结构和蛋白质的相容性溶质(Munns 等, 2008)<sup>[32]</sup>。

温度升高会降低植物的光合作用活性, 以保护蒸腾的水分, 并导致叶片数量减少和植物营养生长。这些结果与 Guilioni 等人(2003)的研究一致<sup>[33]</sup>, 他们的研究表明, 光合速率之间存在显著差异。在热胁迫下的基因型。这种巨大的差异表明它是最敏感的过程之一。

发现在相同的热胁迫条件下, 甜椒的基因型在气孔导度上显示出显著差异。目前的研究表明, 关闭气孔可以减少叶片水分的流失, 从而降低光合作用的速率。与 Rahmani 等人的实验相同。(2013)<sup>[34]</sup>与 Kostaki 等类似。(2020)<sup>[35]</sup>。

以上结果说明, 植物的用水效率(WUE)是作物生产依赖少量水使用的关键。随着水的损失变得如此之高<sup>[36]</sup>。在高温胁迫下所有这些变化的共同作用可能导致植物生长和生产力下降。

## 5 结论

根据生理和生理参数, 基因型 C5G4, C1G3 和 C43-A 是耐受性最高和耐药性最高的基因型。简而言之, 从该研究试验的结果来看, 可以说热应激显著影响所筛选基因型的生理, 形态和机制, 这些基因型遵循热应激的顺序为 C5G4, C1G3, C2G3, C43-A, C3G5, C43-D, V6G4, C4G3, C43-A 和 C2G3。

## 6 致谢

作者感谢澳大利亚国际农业中心(ACIAR)和澳大利亚悉尼大学提供的 IRGA 和自动热生长箱

## 参考文献

- [1] Muñoz-Vargas, M. A., González-Gordo, S., Palma, J. M. and Corpas, F. J. (2020). Inhibition of ~~NAADP~~ enzyme activity by H<sub>2</sub>S and NO in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) fruits. *Physiologia Plantarum*, 168(2): 278-288.
- [2] GOP. (2016). Fruit, vegetables and condiments (Ministry of National Food Security & Research Economic) statistics of Pakistan. pp. 1-77.
- [3] Dias, J. S. (2012). Nutritional quality and health benefits of vegetables: A review. *Food and Nutrition Sciences*, 3: 1354-1374.
- [4] Fahad, S., Bajwa, A. A., Nazir, U., Anjum, S. A., Farooq, A., Zohaib, A., Sadia, S., Nasim, W., Adkins, S., Saud S., Ihsan M. Z., Alharby, H., Wu, C., Wang, D. and Huang H. (2017). Crop production under drought and heat stress: plant responses and management options. *Frontiers in Plant Science*, 8: 1147.
- [5] Hanson, P.M., Ghen J. and Kuo. G. (2002). Gene action and heritability of high temperature fruit set in tomato line CL5915. *HortScience*, 37: 172-175.
- [6] Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M. M., & Fujita, M. (2012). Exogenous nitric oxide alleviates high temperature induced oxidative stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings by modulating the antioxidant defense and glyoxalase system. *Australian Journal of Crop Science*, 6(8), 1314 -1323
- [7] Shinozaki, K. and Yamaguchi-Shinozaki, K. (2007) Gene networks involved in drought stress response and tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 58, 221–227.
- [8] Moreno, A. A. and Orellana, A. (2011). The physiological role of the unfolded protein response in plants. *Biological Research*, 44: 75-80.
- [9] Waraich, E. A., Ahmad, R., Halim A. and Aziz, T. (2012). Alleviation of temperature stress by nutrient management in crop plants: A review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12: 221-244.
- [10] Barnabas, B., Jager K. and Feher, A. (2008). The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant Cell Environment*, 31: 11-38
- [11] Rasheed, R, A. Wahid, M. Farooq, I. Hussain and S.M.A. Basra. (2011). Role of proline and glycine betaine

- pretreatments in improving heat tolerance of sprouting sugarcane (*Saccharum* sp.) buds. *Plant Growth Regulators*, 65(1): 35-45.
- [12] Kim, W. C., Choi, X. Z., Pak, W. H., Lee Z. W. and Lee, Q. L. (2016). Morphological, physiological and biochemical responses of gerbera cultivars to heat stress. *Korean Society for Horticultural Science*, 34: 1-14.
- [13] Zhang, J., Li, D. M., Gao, Y., Yu, B., Xia, C.X. and Bai, J.G. (2012). Pretreatment with 5- aminolevulinic acid mitigates heat stress of cucumber leaves. *Biologia Plantarum*, 56(4): 780-784.
- [14] Shaheen, M.R., Ayyub, C.M., Amjad M. and Waraich, E.A. (2015). Morpho-physiological evaluation of tomato genotypes under high temperature stress conditions. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 96: 2698-2704.
- [15] Hussain, T., Ayyub, C.M., Ahmad, I., Ali, I., Mustfa, Z., Anwar, A., Ahmad, A., Latif, S. and Iqbal, T. (2019). Mitigation of adverse effects of heat stress in chillies by using glycine betaine. *International Journal of Biological Science*, 15(2), 1-10.
- [16] Farkhondeh, R., Nabizadeh, E. and Jalilnezhad, N. (2012). Effect of salinity stress on proline content, membrane stability and water relations in two sugar beet cultivars. *International Journal of Agricultural Sciences*, 2: 385-392
- [17] Steel, R. G. D., Torrie, J. H. and Dickey, D. A. (1997). *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. 3rd Ed. McGraw Hill Co., New York., USA.
- [18] Ali, M., Ayyub, C. M. Amjad, M. and Ahmad R. (2019). Evaluation of thermo-tolerance potential in cucumber genotypes under heat stress. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 56(1): 53-61.
- [19] Prasad, P. V. V., Boote, K. J. and Allen, L. H. (2006). Adverse high temperature effect on pollen viability, seed set, seed yield and harvest index of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) are more severe at elevated carbon dioxide due to higher tissues temperatures. *Agricultural and Forest Meteorology*, 139: 237-251.
- [20] Dieleman, J. A., & Meinen, E. (2007). Interacting effects of temperature integration and light intensity on growth and development of single-stemmed cut rose plants. *Scientia Horticulturae*, 113(2), 182-187.
- [21] Vollenweider, P. and M.S. Gunthardt-Goerg. (2005). Diagnosis of abiotic and biotic stress factors using the visible symptoms in foliage. *Environmental Pollution*, 137: 455-465.
- [22] Wang, H. and A. Yarnauchi. (2006). Growth and function of roots under abiotic stress in soils. In: Huang B. Ed, *Plant-Environment Interactions*. 3rd ed. GRC Press. Pp. 271-320.
- [23] Yin, C., Wang, X., Duan. B., Luo J. and Li, C. (2005). Early growth, dry matter allocation and water use efficiency of two Sympatric populus species as affected by water stress. *Environmental and Experimental Botany*, 53:315-322.
- [24] Porter, J. R. (2005). Rising temperatures are likely to reduce crop yields. *Nature*, 75(7048): 174-436.
- [25] Rajeswara, B.R. 2002. Biomass yield, essential oil yield and oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row spacing and intercropping with corn mint (*Mantha avensis* L.). *Industrial Crops and Products*, 16:133-144.
- [26] Singh, M. 1999. Effect of soil moisture regime, nitrogen and modified urea materials on yield and quality of geranium (*Pelargonium graveolens*) grown on alfisols. *The Journal of Agricultural Science*, 133: 203-207.
- [27] Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri A. and Najafi, F. (2011). Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 53(1): 47-56.
- [28] Gunes, A., Cicek, N., Ina, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri E. and Guzelordu, T. (2006). Genotypic response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre and post anthesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. *Plant, Soil and Environment*, 52: 368-376.
- [29] Ashraf, M. (2006). Tolerance of some potential forage grasses from arid regions of Pakistan to salinity and drought. In *Biosaline Agriculture and Salinity Tolerance In Plants* (pp. 15- 27). Birkhäuser Basel.
- [30] Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra,

- S. M. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29: 185-212.
- [31] Chaves, M. M., & Oliveira, M. M. (2004). Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. *Journal of experimental botany*, 55(407), 2365-2384.
- [32] Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Tropical Agriculture*, 25:239-250.
- [33] Guilioni, L., Wery and, J. and Lecoeur, J. (2003). High temperature and water deficit may reduce seed number in field pea purely by decreasing plant growth rate. *Functional Plant Biology*, 30:1151-1164.
- [34] Rahmani, A., Shoaie-Hassani, A., Keyhanvar, P., Kheradm D. and Darbandi-Azar, A. (2013). Dehydroepiandrosterone stimulates nerve growth factor and brain derived neurotrophic factor in cortical neurons. *Advances in Pharmacological Sciences*, 3: 506191.
- [35] Kostaki, K. I., Coupel-Ledru, A., Bonnell, V. C., Gustavsson, M., Sun, P., McLaughlin, F. J., ... & Franklin, K. A. (2020). Guard cells integrate light and temperature signals to control stomatal aperture. *Plant Physiology*, 182(3), 1404-1419.
- [36] Hipolito, M., Tomasa, M., Sebastia, M., Flexasa, J., Hernandez, E., Rosselloa, J., Poub, A., Escalona, J. and Bota, J. (2015). From leaf to whole-plant water use efficiency (WUE) in complex canopies: Limitations of leaf WUE as a selection target. *The Crop Journal*, 3: 220-228.
- 收稿日期:** 2020年5月15日  
**出刊日期:** 2020年6月17日  
**引用本文:** M. Ali, M. I. Lodhi, C. M. Ayyub, Z. Hussain, Z. Mustafa, T. Ashraf, B. Akram, S. Ayyub 热胁迫下辣椒基因型耐热潜力的评价[J]. *现代生命科学研究*. 2020, 1(1): 14-20  
DOI: 10.12208/j.jlsr.20200003
- 检索信息:** RCCSE 权威核心学术期刊数据库、中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊  
**版权声明:** ©2020 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**OPEN ACCESS**