

文章编号 1674-7054(2018)02-0207-07

干旱胁迫对海南黄灯笼椒辣味及相关生理生化指标的影响

王龙飞, 成善汉, 夏枫, 倪苗, 张浩, 王平, 汪志伟, 朱国鹏, 林师森

(海南大学 热带农林学院, 海口 570228)

摘要: 为了研究胁迫诱导与辣椒辣味的关系, 探索辣椒辣味的调控机理, 笔者以海南本地栽培种黄灯笼辣椒为试材, 采用盆栽控水处理, 测定辣椒果实中辣椒素和二氢辣椒素的含量以及胁迫相关生理生化指标、生长情况, 并对水分胁迫下辣椒辣味和相关生理生化指标间的关系进行分析。结果表明, 干旱胁迫条件下黄灯笼辣椒果实中辣椒素和二氢辣椒素的含量比对照分别提高了 45.57% 和 47.69%, 辣椒的辣味提高, 而植株的叶面积、叶绿素的含量、叶片水势和相对含水量都呈现下降趋势, 脯氨酸(Pro)含量的持续升高, 与辣椒素类物质含量的变化趋势一致, 株高和茎粗的变化与辣味的关系不显著, 而果实的大小(即果长和果宽)的增加量显著减少, 与辣椒素类物质含量呈显著负相关, 相关研究已有表明, 相对电导率、丙二醛(MDA)的含量以及抗氧化保护酶系统超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)和过氧化物酶(POD)的酶活性都先降低后升高, 与辣椒素类物质积累速度的变化一致。叶绿素、相对电导率和丙二醛的含量是辣椒植株抗旱能力的反应。水分胁迫程度较轻时, 抗氧化酶活性较低, 辣椒素积累速度较慢, 随着水分胁迫的提高, 抗氧化酶活性开始升高, 辣椒素类物质的积累速度加快, 但当水分胁迫提高到一定程度, 抗氧化酶的活性继续升高, 辣椒类物质的积累速度反而开始降低。所以一定程度的水分胁迫可以提高辣椒素类物质的含量, 但是严重的水分胁迫反而会降低辣椒素类物质的积累。

关键词: 黄灯笼辣椒; 干旱胁迫; 辣椒素; 生理特性

中图分类号 S 641.3

文献标志码 A

DOI: 10.15886/j.cnki.rdswwb.2018.02.013

黄灯笼辣椒(*Capsicum chinense* Jacquin)又名黄帝椒、黄辣椒, 茄科(Solanaceae)辣椒属(*Capsicum* Linnaeus)多年生草本植物, 是海南特有的地方珍稀辣椒品种^[1-2]。黄灯笼椒不仅营养丰富, 而且味极辣并有奇香, 因而深受消费者欢迎。已有研究表明, 海南黄灯笼辣椒果实中辣椒素含量高达 $8.37 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 是海南小红米椒的 3 倍多, 是贵州辣椒和四川辣椒的 13 倍多^[3]。辣椒素类物质不仅可镇痛止痒、调节食欲及抗炎消肿, 还在医药工业、食品添加剂和生物农药等方面具有广泛的应用, 因而, 最大限度生产辣椒素具有广阔的开发前景^[4-5]。除了选育高辣椒素的品种外, 合适的栽培管理措施也可提高辣椒素类物质含量, 研究表明, 光强、N 素处理、腐胺、氮磷钾肥等均影响辣椒素的合成^[6-8]。干旱处理影响辣椒的研究, 目前主要集中在两方面, 一是筛选有利于辣椒素类物质提高的水分施用量^[9-10]; 二是确定适合干旱处理的辣椒品种种类, 这些品种干旱处理后有利于辣椒素类物质含量的增加^[11-12]。在其他植物中发现, 干旱处理可破坏植物体内的水分代谢, 引起植物体形态、生理生化发生重大变化。植物在遭受水分胁迫时也会产生一系列的适应性反应, 轻度水分胁迫下, 活性氧含量增加能诱导 SOD、POD、CAT 等保护酶活性的提高, 提高植物的抗旱性^[14-15]。通过 RNA-seq 技术研究发现, 辣椒 SOD、POD、CAT 等抗氧化酶基因在 RNA 水平表达量与辣椒素类物质的含量呈负相关关系^[13], 但这些基因翻译后组装形成的酶活性与辣椒素含量关系未见

收稿日期 2017-07-10 修回日期 2018-01-23

基金项目 海南省高等学校科学研究重点资助项目(Hnky 2016ZD-2)

作者简介 王龙飞(1990-) 男, 海南大学热带农林学院 2015 级硕士研究生. E-mail: 1147314023@qq.com

通信作者 成善汉(1975-) 男, 博士, 教授, 硕士研究生导师. 研究方向: 蔬菜遗传育种与分子生物学. E-mail: chshh81@yahoo.com.cn

有报道。而关于形态指标和抗氧化酶的活性与辣椒素类物质之间的关系还没有确立,尤其是关于黄灯笼辣椒的研究较少。基于此,本试验以海南本地的黄灯笼辣椒为实验材料,研究干旱处理对辣椒辣味的调控作用以及辣椒辣味和相关形态指标、保护酶活性间的关系,探索完善辣椒辣味的调控机理,为黄灯笼辣椒的栽培管理、品质改善和辣椒素类物质的积累与调控提供理论依据,为这一珍稀地方辣椒品种资源的开发利用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试材料为黄灯笼辣椒,是海南陵水黎安的本地栽培种,种子由当地农户提供。

1.2 试验方法 试验于 2016-12-13 穴盘播种,2017-02-20 移栽定植于栽培盆(口径×高度为 40 cm×40 cm)。培养土为海南大学热带农林学院试验基地园土(采用日晒消毒和福尔马林消毒)、泥炭营养土和鸡粪有机肥的混合物,比例为 $V_{\text{泥}}:V_{\text{炭}}:V_{\text{鸡粪}}=2:1:1$ 。植株分为对照组(CK)和干旱处理组(CD),每组处理 3 盆,3 次重复。在整个实验过程中,每隔 3 d 给对照组和干旱组的植株施用相同浓度的肥料。采用称重法进行控水处理,对照组每天浇水量为田间最大持水量,干旱处理组在花后的 1~10、11~20、21~30、31~40 d 分别浇灌逐渐减少的对照组灌水量的 100%、75%、50%、25%。当干旱处理组中的植株发生严重萎蔫并持续一晚时,重新再浇水,浇水量为对照组的灌水量^[16]。在 40 d 内每隔 10 d 测定叶片水势、相对含水量、株高、茎粗、叶面积、果长、果宽、叶色值 SPAD、相对电导率、脯氨酸和丙二醛(MDA)的含量以及 SOD、CAT、POD 的酶活性。分别取花后 10、20、30、40 d 的果实进行辣椒素和二氢辣椒素含量的测定。

1.3 辣椒素和二氢辣椒素含量的测定 测定样品为辣椒花后 10、20、30、40 d 的果实,采用超声波辅助甲醇提取辣椒中的辣椒素、二氢辣椒素,并用改良的 HPLC 法进行定量检测^[17-18]。提取物用 0.45 μL 的微孔滤膜进行过滤,然后把 10 μL 的过滤物注入到 Agilent1100 高效液相色谱仪进行辣椒素及二氢辣椒素的 HPLC 测定。流动相为 $V_{\text{甲醇}}:V_{\text{去离子水}}=70:30$,流速为 $1.0\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$,色谱柱为 C-18 柱,检测波长为 284 nm。辣椒素及二氢辣椒素标准样品均购自加拿大 TRC 公司,纯度均大于 98%。

1.4 相关指标的测定 在花后 40 d 内每隔 10 d 测定 1 次,心叶外侧第 2~3 片功能叶为相关指标的测定材料。采用数显游标卡尺测定茎粗、果长和果宽,用卷尺测定株高,并采用叶面积仪 LI-3000 进行叶片面积的测定。采用 SPAD-502 便携式叶绿素测定仪进行叶色值测定,每株测 5 片叶子,每片叶子测 3 个部位取平均值。脯氨酸含量测定采用酸性茚三酮法^[19]。超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用氮蓝四唑(NBT)光化还原法^[20]。过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法^[21]。过氧化氢酶(CAT)活性测定采用过氧化氢还原法^[22]。丙二醛(MDA)含量的测定采用硫代巴比妥酸法^[23]。相对电导率测定采用电导仪法。

1.5 数据处理 数据作图采用 Microsoft Excel 2016 软件,用 SPSS22.0 软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 干旱处理对辣椒果实中辣椒素、二氢辣椒素含量的影响 如图 1、图 2 所示,在 10~20 d 这一阶段,辣椒素类物质的积累较缓慢,干旱处理比对照有所提高,20~30 d 时辣椒素类物质的积累速度迅速提高,

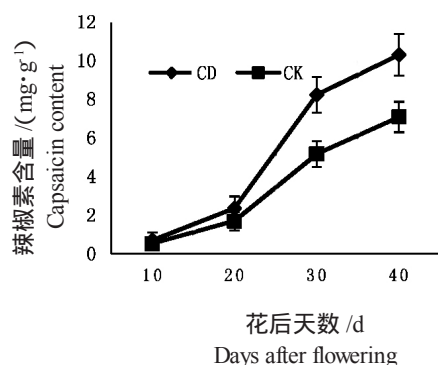


图 1 干旱胁迫下辣椒果实中辣椒素含量的变化
Fig.1 Changes of capsaicin content of the fruit of the hot pepper under water stress

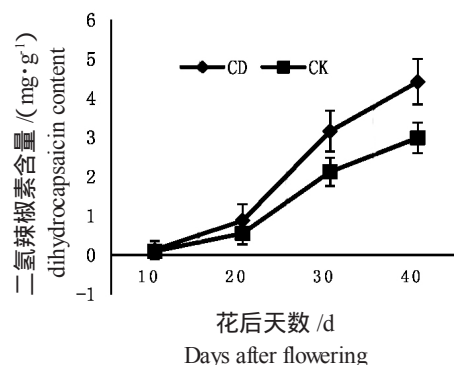


图 2 干旱胁迫下辣椒果实中二氢辣椒素含量的变化
Fig.2 Changes of dihydrocapsaicin content of the fruit in the hot pepper under water stress

干旱处理条件下黄灯笼辣椒花后 40 d 果实中辣椒素和二氢辣椒素的含量比对照显著增加,分别提高了 45.57%和 47.69%。辣椒素类物质含量提高,这和已有的研究结果一致^[24-25]。提高的幅度不同,可能是由于不同辣度的辣椒对干旱的耐受能力不同以及品种间的差异造成的。黄灯笼辣椒在花后 10 d 出现了辣椒素类物质,虽然含量较少。但对于大多数辣椒属物种而言,辣椒素类物质在花后约 20 d 才开始在果实中积累^[26]。这可能是因为相比大多数辣椒,黄灯笼辣椒较辣,辣椒素类物质的含量较高,所以辣椒素类物质在果实中开始积累的时间较早。

2.2 干旱处理对黄灯笼辣椒生长形态的影响 在花后 40 d 内,每隔 10 d 分别对处理组和对照组的植株的株高、茎粗、叶面积、果长和果宽进行了测定。如图 3 和图 4 所示,随着处理时间的延长,干旱组和对照组相比,株高和茎粗的增加量有所减少,但不显著,在水分胁迫条件下植株叶面积的增加量显著减少(图 5),果长和果宽在干旱条件下也显著下降了(图 6)。水分胁迫抑制了辣椒的生长及同化物的合成与积累,植株的生长形态指标变化是对水分亏缺较直观的反映。

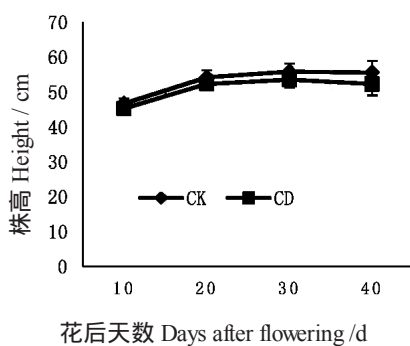


图3 干旱胁迫下株高的变化

Fig.3 Changes in plant height of the hot pepper under water stress

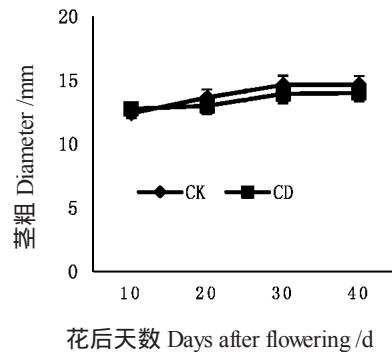


图4 干旱胁迫下茎粗的变化

Fig.4 Changes in stem diameter of the hot pepper under water stress.

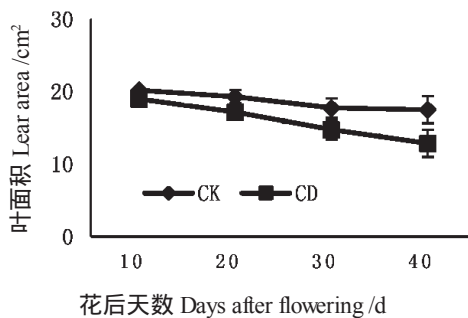


图5 干旱胁迫下叶面积的变化

Fig.5 Changes of leaf area of the hot pepper under water stress

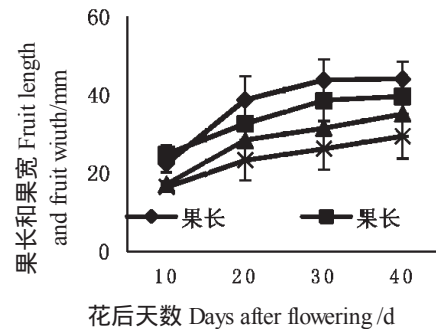


图6 干旱胁迫下果长和果宽的变化

Fig.6 Changes of fruit length and width of the hot pepper under water stress

2.3 干旱处理对黄灯笼辣椒生理指标的影响 在干旱胁迫条件下,随着土壤含水量的下降,植株叶片水势(ψ)及叶片相对含水量(RWC)显著下降(图 7 和图 8),叶色值(SPAD)也呈现显著下降趋势(图 9),相对电导率和丙二醛(MDA)的含量在花后 10~20 d 时先略微下降后显著升高(图 10 和图 11),脯氨酸的含量在花后 10~20 d 天时变化不明显,在花后 20~30 d 时开始急剧上升(图 12),SOD、POD 和 CAT 的酶活性都呈现先下降后上升的趋势(图 13 和图 14)。干旱处理的第 1 个阶段(即花后 10~20 d)灌水量为田间最大持水量的 75%,根据已有研究表明,田间最大持水量的 70%~85%是辣椒结果期最佳的土壤灌溉指标,实验所得的辣椒生理指标的变化趋势也验证了这一点。叶片水势、相对含水量、丙二醛含量和脯氨酸含量是辣椒抗旱能力的直接指标,而叶绿素含量能够用来作为辣椒抗旱性鉴定的间接指标。渗透调节物质脯氨

酸以及 SOD、POD 和 CAT 等抗氧化酶的活性都是从水分胁迫的第 2 个阶段(即花后 20~30 d)开始上升,而辣椒素类物质积累速度的提高也是从第 2 个阶段开始。随着水分胁迫程度的提高,抗氧化酶活性持续升高,而辣椒素类物质的积累开始降低。说明水分胁迫可以提高辣椒素类物质的含量,但是严重的水分胁迫反而会降低辣椒素类物质的积累。过氧化物酶是辣椒素类物质合成途径中氧化的关键酶,植株在严重水分胁迫下,过氧化物酶的活性升高,达到一定程度时,辣椒素类物质的氧化速度超过积累速度就会降低辣椒素类物质的积累。

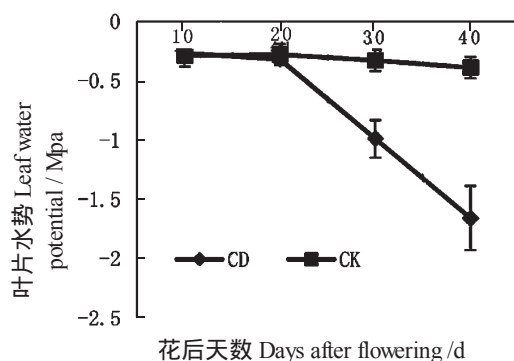


图 7 干旱胁迫下叶片水势的变化

Fig.7 Changes of leaf water potential of the hot pepper under the water stress

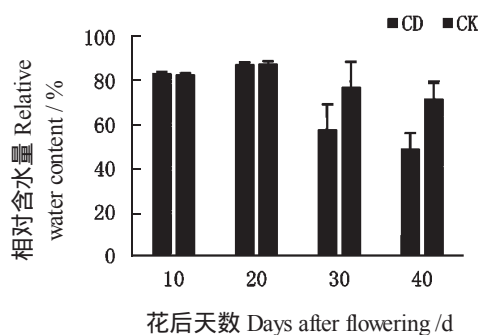


图 8 干旱胁迫下叶片相对含水量的变化

Fig.8 Changes of the relative water content in the leaves of the hot pepper under water stress

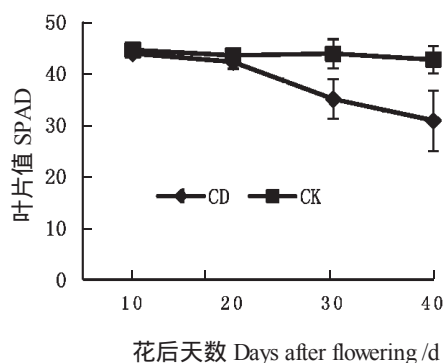


图 9 干旱胁迫下叶色值 SPAD 的变化

Fig.9 Changes of leaf color value (SPAD value) of the hot pepper under water stress.

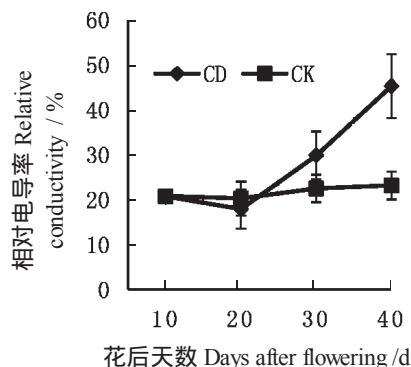


图 10 干旱胁迫下相对电导率的变化

Fig.10 Changes of leaf relative conductivity of the hot pepper under water stress

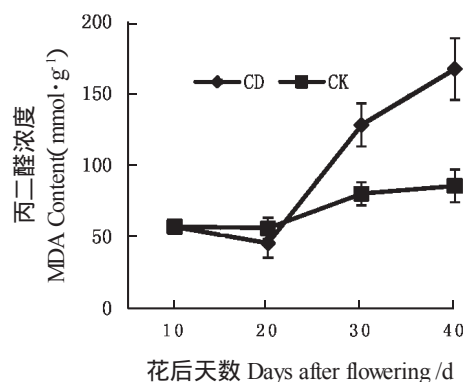


图 11 干旱胁迫下鲜叶片中丙二醛(MDA)浓度的变化

Fig.11 Changes of leaf MDA content of the hot pepper under water stress

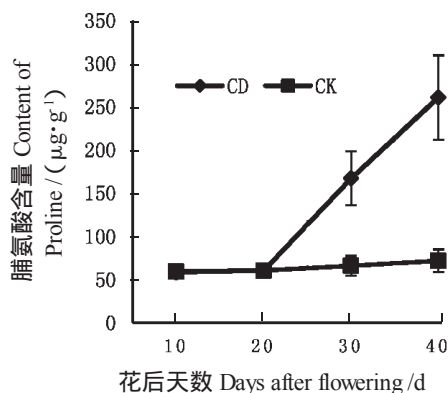


图 12 干旱胁迫下鲜叶片中脯氨酸含量的变化

Fig.12 Changes of leaf proline content of the hot pepper under water stress

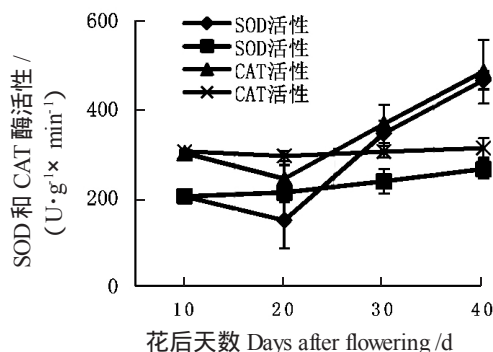


图 13 干旱胁迫下鲜叶片中 SOD 和 CAT 酶活性的变化
Fig.13 Changes of enzymatic activities of leaf sop and CAT of the hot pepper under the water stress

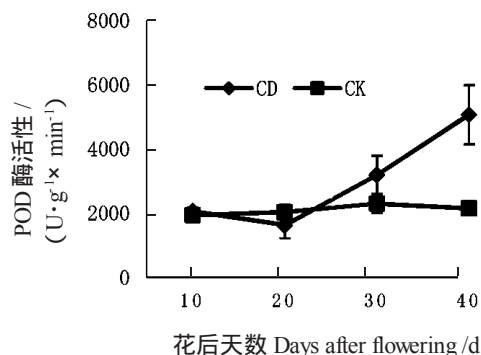


图 14 干旱胁迫下鲜叶片中 POD 酶活性的变化
Fig.14 Changes of the enzymatic activity of the leaf POD of the hot pepper under the water stress

3 讨论

在热带和亚热带地区栽培的辣椒从开花到结果期经常受到水分胁迫,导致落花以及果实产量和品质的降低^[27]。在本实验中,干旱胁迫条件下植株的生长形态和生理特性都受到不同程度的影响。干旱处理条件下黄灯笼辣椒花后 40 d 果实中辣椒素和二氢辣椒素的含量相比对照显著增加了,这说明干旱胁迫能够提高黄灯笼辣椒果实中辣椒素类物质的含量。在整个实验过程中,干旱处理下株高和茎粗的变化不显著;水分胁迫对果实生长的抑制作用显著,果实的大小变化与辣椒的辣味呈显著负相关;水分胁迫条件下辣椒辣味提高,植株的叶面积、叶绿素的含量、叶片水势和相对含水量都呈现下降趋势,但已有研究表明,辣椒素类物质的积累大约在花后 18~22 d 时逐渐提高,在花后 45~50 d 时含量达到最大。因此,叶片水势的不同对辣椒素类物质积累的影响取决于品种和胁迫程度^[28]。相对电导率和丙二醛(MDA)含量以及抗氧化保护酶系统超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)和过氧化物酶(POD)的酶活性在处理的第 2 个阶段时略呈下降趋势,此时辣椒素类物质的积累速度较慢,随着水分胁迫的加剧又逐渐上升,辣椒素类物质的积累速度加快。有研究表明,胁迫下内源活性氧清除酶活性升高与否与受胁迫程度轻重和时间相关,受胁迫程度过重和时间过长,植物的内源活性氧清除酶活性不仅不会升高,反而会下降^[28]。水分胁迫下抗氧化酶的活性和辣椒素类物质的积累速度都升高,但达到一定的程度辣椒素类物质的积累速度变慢,这可能是由于抗氧化酶活性提高会加快辣椒素类物质的氧化分解,随着胁迫程度加重,辣椒素类物质的合成速度小于氧化分解速度时就会降低辣椒素类物质的积累。

本试验通过干旱处理黄灯笼辣椒探索分析辣椒辣味的调控机理,基本确定了黄灯笼辣椒各生理指标与辣椒素类物质积累的关系,并验证了在一定条件下辣椒素类物质的含量与抗氧化酶活性的关系,为黄灯笼辣椒的栽培管理与辣椒素的调控机理提供理论依据,为这一珍稀地方辣椒品种资源的开发利用提供理论基础。

参考文献:

- [1] Carvalho S I C, Ragassi C F, Bianchetti L B, et al. Morphological and genetic relationships between wild and domesticated forms of peppers (*Capsicum frutescens* L. and *C. chinense* Jacquin)[J]. Genetics and Molecular Research, 2014, 13(3): 7447- 7464.
- [2] Qin C, Yu C, Shen Y, et al. Whole-genome sequencing of cultivated and wild peppers provides insights into *Capsicum* domestication and specialization[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2014, 111(14): 5135- 5140.
- [3] 李海龙, 张俊清, 赖伟勇, 等. 海南黄灯笼椒与不同品种辣椒的辣椒素含量测定 [J]. 中国野生植物资源, 2012, 31(4): 32- 34.
- [4] 狄云, 蒋健箴. 辣椒果实成熟过程中辣椒素的降解[J]. 食品科学, 2000, 21(6):19- 22.
- [5] Luo X J, Peng J, Li Y J. Recent advances in the study on capsaicinoids and capsinoids [J]. European journal of pharmacology, 2011, 650(1): 1- 7.
- [6] 王淑杰, 何莉莉, 陈俊琴, 等. 氮素对辣椒果实中辣椒素及其竞争物质含量的影响 [J]. 沈阳农业大学学报, 2009, 40(2): 144- 147.

- [7] 陈俊琴, 何莉莉, 张坤鹏, 等. 外源腐胺对辣椒果实中辣椒素、内源多胺及相关酶活性的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2015, 46(5):521- 525.
- [8] Jeeatid N, Techawongstien S, Suriharn B, et al. Light intensity affects capsaicinoid accumulation in hot pepper (*Capsicum chinense*, Jacq.) cultivars[J]. Horticulture Environment & Biotechnology, 2017, 58(2):103- 110.
- [9] Adel Fahmi Ahmed. 亏缺灌溉对基质培辣椒生长、产量和品质及辣椒素合成的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
- [10] Phimchan P, Techawongstien S, Chanthai S, et al. Impact of drought stress on the accumulation of capsaicinoids in capsicum cultivars with different initial capsaicinoid levels[J]. Microscopy & Microanalysis, 2012, 10(10):620- 621.
- [11] Phimchan P, Techawongstien S, Chanthai S, et al. Impact of drought stress on the accumulation of capsaicinoids in capsicum cultivars with different initial capsaicinoid levels[J]. Microscopy & Microanalysis, 2012, 10(10):620- 621.
- [12] Ruizlau N, Medinalara F, Minerogarcia Y, et al. Water deficit affects the accumulation of capsaicinoids in fruits of capsicum chinense jacq[J]. Hortscience A Publication of the American Society for Horticultural Science, 2011, 46(3):487- 492.
- [13] 张子昕. 极辣辣椒资源鉴定及辣味基因的表达谱分析[D]. 海口: 海南大学, 2015.
- [14] Chaves M M, Oliveira M M. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture[J]. Journal of experimental botany, 2004, 55(407): 2365- 2384.
- [15] Bréda N, Huc R, Granier A, et al. Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences[J]. Annals of Forest Science, 2006, 63: 625- 644.
- [16] Phimchan P, Techawongstien S, Chanthai S, et al. Impact of drought stress on the accumulation of capsaicinoids in capsicum cultivars with different initial capsaicinoid levels[J]. Microscopy & Microanalysis, 2012, 10(10):620- 621.
- [17] 成善汉, 贺申魁, 陈文斌, 等. 不同基因型辣椒的辣椒素含量测定和辣度级别分析[J]. 海南大学学报(自然科学版), 2009, 27(1):38- 42.
- [18] 曹莉, 黄多临. HPLC 法测定不同产地辣椒中辣椒素和二氢辣椒素的含量[J]. 中国民族民间医药, 2016, 25(12):8- 10.
- [19] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 258- 260, 134- 137, 260- 261.
- [20] Giannopolitis C N, Ries S K. Superoxide dismutase: I. occurrence in higher plants[J]. Plant Physiology, 1977, 59(2):309- 314.
- [21] 鲁守平, 孙群, 洪露, 等. 不同种源地乌拉尔甘草发芽期抗旱性鉴定[J]. 植物遗传资源学报, 2007, 8(2):189- 194.
- [22] Aebi H. Catalase in vitro[J]. Methods in enzymology, 1984, 105: 121- 126.
- [23] 白宝璋, 勒占忠, 李德春. 植物生理生化测试技术[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995.
- [24] 彭琼, 童建华, 柏连阳, 等. 干旱胁迫对辣椒果实中辣椒素、二氢辣椒素及 VC 含量的影响 [J]. 中国蔬菜, 2015, 1(12): 44- 47.
- [25] Ruiz-Lau N, Medina-Lara F, Minero-García Y, et al. Water deficit affects the accumulation of capsaicinoids in fruits of capsicum chinense jacq[J]. HortScience, 2011, 46(3): 487- 492.
- [26] Iwai K, Suzuki T, Fujiwake H. Formation and accumulation of pungent principle of hot pepper fruits, capsaicin and its analogues, in *Capsicum annuum* var. *annuum* cv. *karayatsubusa* at different growth stages after flowering [J]. Agricultural and Biological Chemistry, 1979, 43(12): 2493- 2498.
- [27] Techawongstien S, Nawata E, Shigenaga S. Effects of sudden and gradual water stress on growth and yield of chilli pepper.[J]. Japanese Journal of Tropical Agriculture, 1992, 36:275- 280.
- [28] Jeeatid N, Techawongstien S, Suriharn B, et al. Influence of water stresses on capsaicinoid production in hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivars with different pungency levels[J]. Food chemistry, 2018, 245 :792.
- [29] 欧立军, 陈波. 干旱对辣椒光合作用及相关生理特性的影响[J]. 生态学报, 2012, 32(8):2612- 2619.

Effects of water stress on pungency of hot pepper (*Capsicum chinense* Jacquin) and related physiological and biochemical indexes

WANG Longfei, CHENG Shanhan, XIA Feng, NI Miao, ZHANG Hao, WANG Ping,
WANG Zhiwei, ZHU Guopeng, LIN Shisen

(Institute of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University Haikou, Hainan 570228, China)

Abstract : A cultivar of hot pepper (*Capsicum chinense* Jacquin), native to Hainan, was pot cultured and treated with different levels of water stress to study the relationship between stress induction and pungent taste of hot pepper for exploration of the mechanism of pungency regulation in the hot pepper. The contents of capsaicin and capsaicinoid, and the physiological and biochemical indexes and growth of the hot pepper under water stress were determined and the relationship between the pungency and related physiological and biochemical indexes of the hot pepper under water stress were analyzed. The results showed that the hot pepper under water stress increased their contents of capsaicin and capsaicinoid by 45.57% and 47.69%, respectively, as compared with the control. The hot pepper under water stress increased its pungent flavor, but tended to reduce its leaf area, chlorophyll content, water potential and relative water content. The proline content in the hot pepper under water stress continued to increase, consistent with the trend of capsaicinoids content; and the changes in plant height and stem diameter and pungent flavor were not significant, while the increment in fruit size (i.e. fruit length and fruit width) was reduced significantly and negatively correlated with the content of capsaicinoids, which was confirmed by related studies. The hot pepper under water stress decreased and then increased specific leaf area, relative conductivity, content of malondialdehyde (MDA) as well as the activities of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and peroxidase (POD) in the antioxidant protective enzyme system, which was consistent with the changes of the capsaicinoids accumulation rate. Chlorophyll, relative conductivity and malondialdehyde content are the responses of the hot pepper plants to drought tolerance. When the water stress was low, the anti-oxidant enzyme activity in the hot pepper was lower, and the capsaicin accumulation rate was lower as well. With the increase of water stress, the antioxidant enzyme activity in the hot pepper began to increase and the accumulation of capsaicinoids accelerated. However, when the water stress increased to a certain extent, the activity of antioxidant enzymes continued to rise in the hot pepper, while the rate of accumulation of capsaicinoids began to decrease. Therefore, a certain degree of water stress can increase the content of capsaicinoids, but severe water stress will reduce the accumulation of capsaicinoids.

Keywords: *Capsicum chinense* Jacquin; water stress; capsaicin; physiological characteristics

(责任编辑:叶 静)