

环境对番茄果实品质和风味影响的研究进展

芮文婧¹, 王晓敏^{1,2*}, 高艳明^{1,2}, 李建设^{1,2,3*} (1. 宁夏大学农学院, 宁夏银川 750021; 2. 宁夏设施园艺(宁夏大学)技术创新中心, 宁夏银川 750021; 3. 宁夏大学发展规划与学科建设处, 宁夏银川 750021)

摘要 总结了光照、温度、水分、肥料等不同环境因子对番茄果实品质和风味影响的研究现状, 分析了不同环境因子对番茄果实品质和风味主要指标的影响, 并讨论了环境对番茄果实品质和风味影响研究中出现的问题及未来的研究趋势。

关键词 番茄; 品质; 风味; 研究进展

中图分类号 S641.2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)06-0034-03

Research Progress of Effects of Environmental Factors on Fruit Quality and Flavor of Tomatoes

RUI Wen-jing¹, WANG Xiao-min^{1,2*}, GAO Yan-ming^{1,2}, LI Jian-she^{1,2,3*} (1. School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021; 2. Ningxia Facility Horticulture (Ningxia University) Technology Innovation Center, Yinchuan, Ningxia 750021; 3. Planning and Development Department of Ningxia University Discipline Construction, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract The research status of the influences of environmental factors on fruit quality and flavor of tomatoes were summarized. The influences of light, temperature, moisture and fertilizer on the main indicators of fruit quality and flavor were analyzed. Problems in the research of environmental effects on fruit quality and flavor and future research trend were discussed.

Key words Tomato; Quality; Flavor; Research progress

番茄(*Solanum Lycopersicon*)是设施栽培的主要蔬菜品种之一, 由于其丰富的营养和独特的风味而备受青睐^[1]。随着生活水平的提高, 人们对番茄的需求逐渐从数量型向质量型转变, 开始越来越多地关注番茄的品质^[2]。番茄从种子萌发到抽穗座果, 最后衰老死亡, 在番茄的整个生命周期中, 会受到各种环境因子包括光照、温度、水分、肥料等的影响^[3]。通过控制环境因子提高番茄果实品质和风味的研究备受栽培者和科研工作者的关注, 近年来, 在调控环境因子栽培高品质番茄方面开展了大量的研究, 笔者对此进行综述。

1 光照对番茄果实品质和风味的影响

光照主要通过光质、光强和光周期的变化, 使蔬菜的形态结构、生长发育、生理生化等发生较大的变化。一方面, 它可以为植物光合作用提供辐射能; 另一方面, 它作为一种环境信号影响植物生命周期中的许多生理过程^[3]。

1.1 光质对番茄果实品质和风味的影响 光质即不同波长的光谱成分, 光质影响蔬菜生长发育过程中的诸多生理代谢活动, 对高等植物的碳水化合物和蛋白质代谢也有调节作用。红光能极大地促进番茄红素的合成, 这与光质可以调控色素合成酶的活性和基因表达有关^[4]。张典勇^[3]采用不同颜色棚膜覆盖拱棚, 也证实了这一点, 其研究表明在保证产量的基础上, 红色膜处理有利于番茄红素的合成和积累, 商品性好, 同时提高了果实中可溶性糖和可滴定酸的含量; 郑冬梅等^[5]用 LED 灯对樱桃番茄处理的研究也得出相同的结论。在蓝光下生长的植物蛋白质含量较高, 而通常在红光下生长的植物碳水化合物含量较高^[3]。刘林等^[6]认为光质的

改变诱导了光敏色素对糖代谢酶的调控, 促进了蔗糖代谢相关酶活性的提高, 使光合产物更多地分配到果实中, 但这只是一种猜测, 其真正机理还有待研究。陈强^[7]采用新型半导体光源发光二极管(LED)精量调制光质(红光、蓝光和红:蓝=3:1的组合光), 以普通日光灯(白光)为对照, 就不同光质对番茄果实品质的影响进行研究, 结果表明不同 LED 光源对转色过程中番茄果实品质的影响不同, 对其营养品质和风味影响显著, 红光处理后果实硬度和 V_c 含量最低, 蓝光处理下番茄果形指数最高, 果实 V_c 与可溶性蛋白含量均显著提高, 虽红蓝组合光处理番茄果实 V_c 含量与对照差异不明显, 但可溶性蛋白的含量显著提高, 且番茄果实的糖酸比最高。综上所述, 红光有利于番茄红素的合成和积累, 同时提高了果实中可溶性糖和可滴定酸的含量, 但降低了果实硬度和 V_c 含量; 蓝光有利于提高果形指数、果实 V_c 含量与可溶性蛋白含量; 一定比例的红蓝组合光有利于提高可溶性蛋白含量和糖酸比。另外, 红光处理可提高番茄中主要香气物质和醛类物质的含量, 蓝光处理除了香气中醇类物质含量较高, 还可以促进酯类物质的合成。

1.2 光强对番茄果实品质和风味的影响 光照强度对植物会产生很大影响。一切绿色植物必须在阳光的照射下才能进行光合作用。植物体内的各种器官和组织能保持发育上的正常比例, 也与一定的光照强度有直接联系。关于光照强度对蔬菜品质影响的研究相对较少, 主要是将果树上的套袋技术应用于蔬菜栽培中。王梅等^[8]发现不同材质果袋均具有降低光强、提高温度、促进早熟的作用, 其中以白纸贴膜袋的作用效果最显著; 王磊等^[4]也发现不同材质果袋对番茄风味品质的影响不同, 硫酸纸袋显著提高了果实的可溶性糖含量以及糖酸比, 对番茄风味有较好的改善作用, 套袋还具有一定的隔离作用, 减少了果实与外界环境的物质交换, 尤其是避免了与农药的直接接触, 降低了果实的农药残留, 但另一方面套袋也会使番茄果实硬度降低, 含水量提高, 营养风

基金项目 宁夏自治区农业育种专项(NXNYYZ20150301, NXNYYZ 20150303)。

作者简介 芮文婧(1992—), 女, 甘肃白银人, 硕士研究生, 研究方向: 蔬菜种质资源与育种。*通讯作者, 王晓敏, 副教授, 博士, 从事蔬菜种质资源与抗逆分子生物学研究; 李建设, 教授, 博士, 从事设施蔬菜栽培和生理研究。

收稿日期 2016-12-22

味物质减少。赵立坤等^[9-10]研究发现经过打孔处理的聚丙烯透明塑料薄膜袋(TPF)和聚乙烯淋膜白纸质袋(WPF)的袋内温度明显降低,WPF 8孔处理的果实体积和单果重增加明显,套袋整体提高了果实表面的色泽指数和洁净指数,外观商品品质明显提升。经过套袋处理后除了夏季 TPF 处理的含糖量有所降低,其他 3 个季节的可溶性糖、维生素 C 和游离性氨基酸含量都与 CK 没有显著性差异,改善了套袋对番茄果实品质具有一定负效应的影响,综合比较其生长品质发现,WPF 处理果实的综合评价高于 TPF 处理。在光强对番茄果实品质和风味影响的研究中关于套袋材质、纸袋形式、如何增加正效应和减少负效应等方面还有待进一步研究。

2 温度对番茄果实品质和风味的影响

番茄是典型的喜温蔬菜,20~25℃是番茄生长的最适宜温度,温度过高或过低都会对番茄生长造成影响,高温下番茄苗徒长,植株长势变弱,低温下番茄不能开花或授粉受精不良,长时间在 5℃以下的环境中会引起低温伤害^[11]。因此,设施生产番茄中最主要的就是控制温度。

张洁等^[12-13]先后研究了不同时期和不同天数昼夜间亚高温处理对日光温室番茄品质的影响,结果显示,长期 35℃昼夜间亚高温条件下番茄果实品质下降,处理时期越早,品质下降越明显,且亚高温处理的天数越长,果实品质越差。白鹏威等^[14]以温室内自然栽培的番茄为对照,在番茄开花期应用不同的温度和光照处理,发现当温室内自然温度增加 3~5℃[(27±2)℃],光照强度增加 10 000 lx(约 30 000 lx)时,番茄果实蔗糖、果糖和可溶性糖的积累显著增加。杨再强等^[15]也证实了在日均气温 18℃条件下,12℃温差处理时番茄幼果期和采收果实中的可溶性糖质量分数最高,品质最好,说明 12℃温差能够促进果实中可溶性糖的积累;当日均气温为 25℃时,6℃温差处理下可溶性糖质量分数最高,个别生育期除外,说明 6℃温差处理促进可溶性糖在各个器官的积累。大量研究结果表明,对番茄糖含量起主导作用的是最低温度和日温差,在一定温度范围内,日温差越大越有利于糖类的积累,但是对昼夜温差范围及负温差还需要进一步研究。

3 水分对番茄果实品质和风味的影响

水是绿色植物进行光合作用最主要的原料,又是植物体内原生质的主要成分,是植物体内各种生化反应和物质吸收、运输的良好介质。水分在蔬菜的整个生长动态和生理活动过程中起着重要作用,最终影响蔬菜作物的品质^[16]。

一般来说,含水量越低,蔬菜体内的纤维素就越发达,产品组织开始硬化,从而影响品质;含水量过多时,糖、盐的相对浓度就会降低,蔬菜风味变淡,耐储性、抗病性较低,产量和效益降低^[16]。虽然增加灌水量能够提高番茄产量,但番茄果实内糖、有机酸等可溶物的含量会降低,造成番茄品质下降,这是因为水分对番茄果实中酸和可溶性固形物有稀释作用。Machado 等^[17]利用滴灌方法研究了灌水量分别为蒸发蒸腾量的 0.6 倍、0.9 倍、1.2 倍时对番茄产量和品质的影响,结果证实随灌水量的增加番茄果实可溶性固形物含量减

少,pH 降低。这与冯腾腾等^[18]针对扬州地区番茄灌水量研究得出的结论相同。Mohmed 等^[19]基于彭曼-蒙蒂斯法计算作物需水量(ETc),研究不同灌溉水平对番茄品质的影响,最后综合产量分析得出 100% ETc(I100)是温室番茄滴灌的最佳水量,过多灌水量不利于果实品质和灌溉水利用率的提高。近年来科技工作者还发现一种新的灌水方法——亏缺灌溉,即通过适度控制水分给作物提供一个适中的干旱逆境来提高果实的品质。刘向莉^[20]从不同亏缺灌溉水平和开始时间两方面研究其对番茄品质和风味的影响,发现随着水分胁迫的增强,果实外观、营养品质和口感品质都逐渐提高,但是产量逐渐下降,综合后得出用轻度-中度亏缺灌溉处理,即控制灌水量为正常灌水量的 50%~75%为最佳灌水方式。同时由于番茄各个生长阶段对水分亏缺的敏感性不同,对番茄果实品质影响也不同,亏缺灌溉开始时间越早,番茄果实的品质越高,但是产量越低。在生产中,为了提高番茄的品质,产量又不会降低太多,可以选择在果实膨大期进行亏缺灌溉。唐晓伟等^[21]也做了关于调亏灌溉对番茄果实品质和风味影响的研究,试验结果表明,番茄中己醛的相对百分含量随着调亏灌溉程度的加深逐渐增多,在中度调亏灌溉时达到最大值,重度调亏灌溉又略有下降,反-2-己烯醛的相对百分含量也呈增加趋势。这与 Veit-Köhler 等^[22]认为不同水分条件下,番茄果实中糖分、V_C、芳香物质(己醛、顺-3-己烯醛和反-2-己烯醛)的浓度均显著提高,番茄整体品质提高的报道相同。王晓森等^[23]采用温室内桶栽土培法研究了不同灌水下限对番茄品质的影响,结果表明以中低灌水下限处理的番茄,番茄口味营养指标如 V_C、可溶性糖和可滴定酸指标较高。综上所述,合理的灌水量不仅能够提高番茄的品质和风味,而且能够提高水分利用率。

4 肥料对番茄果实品质和风味的影响

养分是作物生长的重要因素,是可控的重要技术措施,肥料在作物生命周期中占据重要的位置。我国化肥用量占世界的比率,远大于蔬菜产量在世界蔬菜产量中的比率。肥料的大量投入不仅没有收到预想的增产效果,而且给环境带来了严重的破坏和污染。如何通过合理施肥来增产和提高蔬菜品质是目前科技工作者面临的严峻问题。

4.1 氮、磷、钾肥对番茄果实品质和风味的影响

氮、磷、钾是番茄生长所必需的 3 种营养元素,对番茄果实的品质有较大的影响。王玉涛等^[24]采用砂培试验方法,研究了氮、磷、钾及氮钾配合对番茄品质和风味的影响,结果表明随施氮量的增加,番茄果实中的可滴定酸、可溶性糖和可溶性固形物含量均呈增加的趋势;随施磷量增加,这些物质含量的比例无明显变化;随着施钾量的增加,这些物质含量呈先增加后降低的趋势。钾肥能够改善蔬菜的营养价值及风味,提高大棚番茄的 V_C 含量,降低硝酸盐含量,这与前人研究得出番茄施用钾肥后,果实中可溶性固形物、可溶性糖、V_C 含量都有所提高,品质得到明显改善的结论相同^[25]。另外早春塑料大棚番茄偏施氮肥能够提高茎腐病发病率,番茄生产上常因施氮过多而造成“烧苗”“烧根”。番茄对肥料的依赖性很

大,平衡施肥是番茄获得高产优质所必需的。氮磷钾合理配比能够较好地提高番茄的品质,增加单果重。

4.2 微量元素对番茄果实品质和风味的影响 番茄生长还需要微量元素来提供能量,研究者在此方面做了大量研究^[26-29],分别从不同供硼、供锌、供铁、供锰水平来研究其对番茄品质和风味的影响,结果表明,无论是缺微量元素,还是多微量元素都会降低番茄果实的品质,影响其风味。

4.3 有机肥对番茄果实品质和风味的影响 化学肥料虽然可以在一定程度上提高土壤肥力,但对环境造成的压力不容小觑。近年来化学肥料对土壤和地下水造成污染引起了科技工作者的重视,国内外开展了大量关于施肥措施对番茄产量、品质影响等方面的工作,合理的有机、无机肥料配比可以提高作物的产量与品质。李吉进等^[30]在有机生产条件下布置小区试验,研究了有机肥料对番茄生长、养分平衡和果实品质的影响,结果表明施用适量有机肥料增加了番茄可溶性糖、固形物、V_C含量以及糖酸比,降低了硝酸盐含量,从而提高了番茄果实品质。此外,靳丽云等^[31]也认为施用适量有机肥能够提高番茄可溶性固形物含量。同时研究揭示,有机废弃物的资源化利用,可以促进作物产量提高和品质改善,但过多的有机肥投入不利于产量和品质的进一步增长,相反还可能存在着环境污染风险。田雪莲等^[32]研究表明微生物菌肥、大量元素水溶肥料、微生物菌肥与肥料混配对番茄品质有一定的提高,可以作为番茄生产的高效肥料。

5 环境对番茄果实品质与风味影响研究中存在的问题与发展趋势

纵观国内外研究现状,科技工作者们就环境因子对番茄果实品质和风味的影响进行了大量的研究,并取得了一定的成果,但大多数是针对某个环境因子单项机理的研究,因而研究结果具有一定的局限性。目前越来越多的消费者认为番茄产品缺乏原有的品质和风味。当前我国的番茄生产正处于由产量型向质量型转变的时期,加强对番茄产品品质影响的研究迫在眉睫。研究未能从番茄生长的各个阶段对某一或多个环境因子进行调控,最终研究其对番茄品质的影响。如何在番茄生长的各个阶段控制环境因子来提高番茄的品质是未来研究的方向。环境因子是相互制约的综合体,在今后的研究中,应将环境因子进行统一调配,加强环境因子共同作用下对番茄果实品质和风味影响的研究。同时品质是一个综合的概念,其包含指标众多,各指标间彼此相关,这就给番茄品质评价体系建立带来了一定的困难。如何将多指标转化为极少的综合指标,是形成番茄品质评价体系及进行效益评定的基础。另外,番茄品质提高的同时产量降低,如何达到最佳经济效益,寻求产量和品质同时最优化是最终要实现的目标。

参考文献

[1] 徐苏萌,李建设,马晓燕,等.叶面喷施甜菊糖对樱桃番茄生长和品质的影响[J].北方园艺,2015(18):48-51.

- [2] 王敏,李建设,高艳明.限根栽培对日光温室樱桃番茄植株生长和品质的影响[J].西北农业学报,2014,23(7):131-137.
- [3] 张典勇.棚膜颜色和氮磷钾浓度对番茄产量和品质的影响[D].泰安:山东农业大学,2014.
- [4] 王磊,高方胜,徐坤,等.果袋颜色对番茄果实微环境及产量和品质的影响[J].应用生态学报,2013,24(8):2229-2234.
- [5] 郑冬梅,林志斌,陈艺群,等.不同光质对樱桃番茄产量及品质的影响[J].山西农业大学学报(自然科学版),2016,36(8):567-571.
- [6] 刘林,许雪峰,王忆,等.不同反光膜对设施葡萄果实糖分代谢与品质的影响[J].果树学报,2008,25(2):178-181.
- [7] 陈强.不同LED光源对番茄果实转色过程中生理特性及果实品质的影响[D].泰安:山东农业大学,2009.
- [8] 王梅,张子艳,高志奎,等.套袋对日光温室硬肉番茄果实生长和品质的影响[J].河北农业大学学报,2009,32(2):50-53.
- [9] 赵立坤.套袋对日光温室番茄和黄瓜的生长及品质的影响[D].保定:河北农业大学,2013.
- [10] 赵立坤,高志奎,王梅,等.套袋对温室小型番茄果实生长及果面光系统II活性的影响[J].长江蔬菜,2012(20):62-66.
- [11] 赵玉萍.不同温度光照对温室番茄生长、光合作用及产量品质的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [12] 张洁,李天来,徐晶,不同时期昼间高温处理对日光温室番茄生长发育的影响[J].华中农业大学学报,2004(22):230-235.
- [13] 张洁,李天来,徐晶,等.不同天数高温处理对日光温室番茄果实生长发育、产量及品质的影响[J].沈阳农业大学学报,2007,38(4):488-491.
- [14] 白鹏威,邹志荣,杨振超,等.不同温度和光照处理对番茄果实不同部位含糖含量的影响[J].西北农业学报,2010,19(3):184-187.
- [15] 杨再强,王学林,彭晓丹,等.人工环境昼夜温差对番茄营养物质和干物质分配的影响[J].农业工程学报,2014,30(5):138-147.
- [16] 刘浩,孙景生,王聪聪.灌溉对蔬菜品质影响的研究现状及发展趋势[J].中国农村水利电,2011(4):81-84.
- [17] MACHADO R M A, OLIVEIRA M R G. Tomato root distribution, yield and fruit quality under different subsurface drip irrigation regimes and depths[J]. Irrigation science, 2005, 24(1):15-24.
- [18] 冯腾腾,周啸尘,郁娅池,等.灌水量对大棚番茄产量与品质的影响[J].北方园艺,2016(10):54-58.
- [19] MOHMED A M A,程吉林,冯绍元,等.滴灌条件下不同供水水平对温室番茄生长、产量及其品质的影响[J].灌溉排水学报,2016,35(1):36-41.
- [20] 刘向莉.亏缺灌溉提高番茄果实品质风味的基础研究[D].北京:中国农业大学,2005.
- [21] 唐晓伟,刘明池,郝静,等.调亏灌溉对番茄品质与风味组分的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(4):970-977.
- [22] VEIT-KÖHLER U, KRUMBEIN A, KOSEGARTEN H. Different water supply influences growth and fruit quality in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.)[J]. Plant nutrition, 2002, 92:308-309.
- [23] 王晓森,常晓,孟兆江,等.不同灌水下限与底肥施用对温室番茄光合特性、产量和品质的影响[J].灌溉排水学报,2016,35(3):45-50.
- [24] 王玉涛.氮、磷和钾营养对番茄风味物质的影响[D].北京:中国农业科学院,2006.
- [25] 吴国喜,陶鸿,胡克玲,等.钾肥对大棚番茄V_C和硝酸盐含量及相关酶活性的影响[J].安徽农业科学,2007,35(8):2225-2226.
- [26] 李梅兰,吴俊华,李远新,等.不同供磷水平对番茄产量及风味的影响[J].核农学报,2009,23(5):875-878.
- [27] 吴俊华,侯雷平,李远新,等.不同供铁水平对番茄产量及果实风味品质的影响[J].土壤通报,2011,42(1):154-157.
- [28] 侯雷平,吴俊华,李梅兰,等.供锌水平对番茄果实抗氧化性及风味品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(3):763-767.
- [29] 侯雷平,吴俊华,李远新.缺锰和多锰对番茄产量及风味品质的影响[J].核农学报,2010,24(1):83-87.
- [30] 李吉进,宋东涛,邹国元,等.不同有机肥料对番茄生长及品质的影响[J].中国农学通报,2008,24(10):300-305.
- [31] 靳丽云,曹培顺,况川,等.不同肥料对番茄养分吸收及产量品质的影响[J].山东农业科学,2015,47(10):63-66.
- [32] 田雪莲,尹慧慧,龙友华,等.不同肥料处理对番茄产量、品质及经济效益的影响[J].北方园艺,2015(23):178-181.