

番茄品质育种研究进展讨论

米国全, 王晋华, 赵肖斌, 程志芳, 王志勇

(河南省农业科学院 园艺研究所, 河南 郑州 450002)

摘 要: 针对可溶性固形物、番茄红素和抗坏血酸对改良番茄品质的重要性进行阐述, 指出这些指标都是番茄品质育种的目标和趋势。

关键词: 品质育种; 可溶性固形物; 番茄红素; 抗坏血酸

中图分类号: S 641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)21-0218-04

番茄是茄科、番茄属最重要的蔬菜作物之一。改善番茄品质是目前最重要的育种目标之一。番茄品质性状大致分成物理性状、化学性状和感官性状三大类, 物理性状主要包括果形、果色、大小、硬度等, 化学性状主要包括含糖量、可溶性固形物含量、酸度、番茄红素含量、维生素含量、芳香族化合物含量等, 感官性状主要包括外观、口感、风味等。由于感官性状既与番茄的物理化学特性有关, 又与消费者的爱好和饮食习惯有关, 所以很难找到一个通用的标准进行客观定量测定, 最终还是取决于番茄的物理和化学特性。

1 番茄果实风味育种现状与趋势

番茄果实风味是一个由糖、酸、氨基酸、矿物质和挥发性化合物共同构成的复合品质性状^[1-3], 它受到多种遗传组份和非遗传因素的双重影响^[4-6]。人们对风味的感知能力是多种信号综合起来的结果。对于番茄来说, 在很大程度上风味不仅决定于糖和酸的含量, 而且与糖/酸比值有很大关系^[7]。生产实践表明, 在番茄果实糖和酸含量都高的情况下, 则番茄风味浓郁; 低酸高糖会使番茄淡而无味; 高酸低糖就显得酸味比较重; 低酸低糖番茄的风味一定不会好。Zanor 等^[8]对番茄糖和酸含量的研究发现, 樱桃番茄品种与大果型番茄相比, 谷氨酸含量相当高。这可能是樱桃番茄比其它亲本更有风味的原因。番茄果实含有约 400 种挥发性有机化合物^[9], 而决定鲜食番茄风味的有 15~20 种^[4]。这些挥发性化合物的前体一般是脂肪酸、碳水化合物和氨基酸。因此, 番茄果实品质的化学构成对于消费需求来说是至关重要的^[10,12]。

可溶性固形物含量 (Soluble solids content, SSC) 对

番茄果实品质有着重要影响, 提高 SSC 是番茄育种主要目标之一。对于鲜食番茄来说, 其含量的高低直接影响果实的甜度和风味。一般情况下, 栽培番茄的总固形物含量在 4%~7.5%, 多数鲜食番茄约含 4.6% 的可溶性固形物, 加工番茄约含 6.3% 的可溶性固形物, 而近缘野生种如醋栗番茄 (*L. pimpinellifolium*)、克梅留斯基番茄 (*L. chmielewskii*) 和契斯曼尼番茄 (*L. chesmanii*) 则含有高于 9%~15% 的可溶性固形物^[13-14], 超过栽培番茄 3 倍多。还原型糖即葡萄糖和果糖是番茄可溶性固形物主要的组成部分^[5], 番茄果实中也含有蔗糖, 只不过含量非常少^[16], 而近缘野生种如克梅留斯基番茄 (*L. chmielewskii*)^[17] 和多毛番茄 (*L. hirsutum*)^[16] 中含有很高的蔗糖浓度。高糖浓度也可以提高鲜食番茄的整体口感和风味^[8], 将高蔗糖番茄种质 (含有 *sucr* 基因) 引入栽培番茄中也许是提高番茄含糖量不错的育种选择。研究表明, 固形物含量增加 1%, 表示加工番茄产量增加 20%, 值得注意的是, 产量与可溶性固形物比例之间呈现负相关^[9]。因此, 在不明显降低产量的前提下, 适度提高番茄果实可溶性固形物成为育种者关注的焦点。

在分子辅助选择育种方面, 目前已经鉴定的与可溶性固形物有关的 QTL 共 109 个, 并建立了以普通番茄为遗传背景相应的 QTL 近等基因系^[20]。徐明磊等^[21]利用分子标记筛选源于野生多毛番茄的高可溶性固形物的基因, 获得了 4 个具有高可溶性固形物含量的番茄新种质。

2 番茄高番茄红素育种现状与趋势

在改善风味的同时, 培育高番茄红素的番茄品种也是育种者争相追求的目标。由于人类自身不能合成类胡萝卜素, 必须从膳食中获取。番茄红素作为一种类胡萝卜素, 虽然缺乏维他命 A 原活性, 但是近来却引起了人们的广泛关注。医学研究报道, 番茄红素是一种强有力的抗氧化剂, 它可以降低前列腺癌^[22-23]、结肠癌和直肠癌^[24] 以及心血管疾病的发生几率。由于番茄红素在人类健康中扮演的重要角色, 人们对富番茄红素食品的

第一作者简介: 米国全 (1973-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向为番茄遗传育种。E-mail: miguoquan@163.com,
基金项目: 河南省农科院科研发展专项资助项目。
收稿日期: 2010-07-02

需求逐渐增加。这种需求的增加激发了番茄育种者开发培育高番茄红素的番茄新品种的愿望。通常情况下, 鲜番茄中番茄红素含量约 30 mg/kg^[25], 樱桃番茄品种的番茄红素含量在 17.02~63.89 mg/kg, 大果型番茄品种则在 9.79~34.08 mg/kg^[26], 根据对华北地区主栽的粉红番茄品种测定显示, 果实番茄红素含量在 5.13~15.46 mg/kg, 而 Fordham 等^[27] 报道显示, 秋橄榄(*Elaeagnus umbellata*)含有 150~540 mg/kg 番茄红素, 秋橄榄很可能代替番茄成为番茄红素主要膳食来源。许多基因调控番茄的色素, 有 9 个遗传位点对番茄成熟过程中的颜色产生大的影响。这些位点包括 *old gold crimson* (*ogc*) 和它的 15 个等位基因如 *B.hp-1*、*hp-2* 等^[28,29]。不幸的是, 这些基因的许多都不能直接用于红色番茄育种, 具有 *hp* 基因的番茄品种虽然可以增加类胡萝卜素含量、改善果实色泽, 但是由于其发芽率低、植株茎脆等缺点^[30], 限制了 *hp* 基因的应用。与 *hp* 基因有所不同, *ogc* 是通过生化机制发挥作用的, *ogc* 已经广泛应用于加工番茄育种中, 这个基因可以提高番茄红素 50%, 不过, 这是以降低 50%β-胡萝卜素为代价的^[31]。具有 *ogc* 基因的番茄品种表现颜色鲜红。

Sacks 等^[29] 对 41 个红果番茄品系进行了果肉颜色的遗传变异和环境变异分析表明, 果内和果间的颜色性状 75% 以上受环境因素影响, 而 *ogc* 对果色仅有不足三分之一的影响。Mehta 等^[32] 通过转基因技术提高番茄果实番茄红素含量, 在番茄果实成熟期间, 多胺精胺和亚精胺含量有所增加。Fraser 等^[33] 对八氢番茄红素合酶超表达研究显示, 番茄果实中类胡萝卜素含量提高 2~4 倍, 番茄红素约增加 2 倍。许多研究表明, *ogc* 对提高番茄果实颜色是有用的^[29]。番茄红素积累的主要机制是发育调控转录。

番茄红素和β-胡萝卜素含量之间呈正相关, 而与果实硬度呈负相关^[34]。番茄红素和胡萝卜素含量都与戊醛(Pentanal)、2-异丁基噻唑(2-isobutylthiazole)、己醛(Hexanal)含量呈正相关, 番茄红素含量还与甲基庚烯酮(6-methylhept-5-en-2-one)含量呈正相关^[35]。

3 番茄高抗坏血酸育种现状与趋势

尽管番茄的抗坏血酸含量与其它水果和蔬菜相比并不高, 但是由于番茄巨大的消费量而成为人们摄取抗坏血酸的重要来源。一般 100 g 番茄含有约 21.2 mg 的抗坏血酸, 可以满足人体日摄入量的 35.4%。目前, 大果型栽培番茄的抗坏血酸含量相对较低, 一般为 10~13 mg/100g 鲜重, 而番茄近缘野生种抗坏血酸含量相对较高, 一般在 23 mg/100g 鲜重以上, 如 Cervil (*S. lycopersicum* cv *cerasiforme*) 含有抗坏血酸 23.68 mg/100g 鲜重, P124(*S.habrochaites*)含有 24.93 mg/100g 鲜重, 而潘那利番茄 LA 716(*S. pennellii*)却含有 70.7 mg/100g 鲜

重^[36], 甚至醋栗番茄 (*L. pimpinelli folium*) 和秘鲁番茄 (*L. peruvianum*) 的抗坏血酸含量能达到 120 mg/100g 鲜重。这些番茄近缘野生种为高抗坏血酸番茄育种提供了可能。Hagimori 等对 432 份番茄育种材料的果实进行了抗坏血酸含量、总可溶性固形物含量和果重分析, 抗坏血酸含量在 2.8~63.9 mg/100gFW, 平均值为 24.7 mg/100gFW。尽管抗坏血酸含量与果重之间没有相关性^[36,37], 但是单果重不超过 10 g 的许多番茄品种含有极高的抗坏血酸, 几个单果重在 30~60 g 的品种抗坏血酸含量也超过了 50 mg/100g 鲜重。尽管高抗坏血酸含量的番茄品种小果型居多, 但也有单果重超过 100 g 的番茄, 抗坏血酸含量超过 30 mg/100g 鲜重的品种, 这为高抗坏血酸含量的中等果型育种提供了可能。抗坏血酸含量与总可溶性固形物含量之间存在一定的正相关^[36,37], 这表明培育高抗坏血酸含量兼顾高可溶性固形物含量的番茄品种是完全可能的。Stevens 等^[38] 建立了一个包含 23 个抗坏血酸的 QTLs 遗传图谱, 该图谱覆盖 15 个染色体片段。加上 Schauer 等^[38] 报道的 11 个 QTLs, 至少有 30 个抗坏血酸含量的 QTLs 存在。控制抗坏血酸含量的区域主要表现在 2-K、8-B、9-D、9-J、10-D 和 12-B 几个染色体片段上。总之, 提高抗坏血酸含量的等位基因主要存在于近缘野生种中, 不过, 普通番茄也能在一定程度上改良番茄抗坏血酸含量。

番茄抗坏血酸含量一方面受到遗传因素的影响, 另一方面也受到环境因素的影响。Rousseaux 等^[39] 对 IL-pen 群体的抗坏血酸含量进行了 2 a 多的检测, 构建了 4 个染色体片段(3-F、5-E、10-B 和 12G)的 QTLs, 其中仅 3-F 与 Stevens 等^[38] 所建的 QTLs 一致。Rousseaux 等^[39] 在潘那利番茄(*S. pennellii*)果实中并没有检测到抗坏血酸, 而 Schauer 等^[40] 和 Stevens 等^[38] 都表明, 该近缘野生种是抗坏血酸很好的遗传资源。一方面这与测定时用液氮研磨或者在冰上研磨会在一定程度上影响试验结果, 另一方面与番茄生长环境有关, 再一方面是测定与果实成熟度有关。由于果实抗坏血酸含量受到如光照、生长发育时期和采收季节等环境条件的影响, 因此, 不同栽培环境下, 高抗坏血酸含量番茄品种能否保持高的抗坏血酸含量显得尤为重要。如果抗坏血酸含量受环境条件波动幅度大于品种的遗传变异, 该品种的高抗坏血酸含量育种是没有意义的。所以要选择高抗坏血酸含量且该品质数量性状受栽培环境影响小的品种。目前, 将提高抗坏血酸含量作为育种目标的研究还很少, 期望培育具有高抗坏血酸含量的大果型鲜食品种。

参考文献

[1] Baldwin E. A, Nisperos-Carriedo M O, Baker R et al. Qualitative analysis of flavour parameters in six Florida tomato cultivars[J]. Journal of Agri-

cultural Food Chemistry, 1991a; 39: 1135-1140.

[2] Baldwin E A, Nisperos-Carnedo M O, Moshonas M G. Quantitative analysis of flavour and other volatiles and for certain constituents of two tomato cultivars during ripening[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1991b; 116: 265-269.

[3] Buttery R G. Quantitative and sensory aspects of flavor of tomato and other vegetables and fruits. In: Acree T E, Teranishi R. Flavor science; sensible principles and techniques. Washington DC: American Chemical Society, 1993: 259-286.

[4] Baldwin E A, Scott J W, Shewmaker C K, et al. Flavor trivia and tomato aroma: biochemistry and possible mechanisms for control of important aroma components[J]. Hortscience, 2000; 35: 1013-1022.

[5] Tandon K S, Baldwin E A, Scott J W, et al. Linking sensory descriptors to volatile and nonvolatile components of fresh tomato flavor[J]. Journal of Food Science, 2003; 68: 2366-2371.

[6] Goff S A, Klee H J. Plant volatile compounds: sensory cues for health and nutritional value[J]. Science, 2006; 311: 815-819.

[7] Saliba-Colombani V, Causse M, Langlois D, et al. Genetic analysis of organoleptic quality in fresh market tomato. I. Mapping QTLs for physical and chemical traits[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2001; 102: 259-272.

[8] Zanon M L, Rambla J L, Cháb J, et al. Metabolic characterization of loci affecting sensory attributes in tomato allows an assessment of the influence of the levels of primary metabolites and volatile organic contents[J]. Journal of Experimental Botany, 2009; 60(7): 2139-2154.

[9] Petro-Turza M. Flavour of tomato and tomato products[J]. Food Review International, 1987(2): 309-351.

[10] Causse M, Buret M, Robini K, et al. Inheritance of nutritional and sensory quality traits in fresh market tomato and relation to consumer preferences[J]. Journal of Food Science, 2003; 68(7): 2342-2350.

[11] Serrano-Megias M, Lopez-Nicolas J M. Application of agglomerative hierarchical clustering to identify consumer tomato preferences: influence of physicochemical and sensory characteristics on consumer response[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2006; 86: 493-499.

[12] Cháb J, Devaux M F, Grotte M G, et al. Physiological relationships among physical, sensory, and morphological attributes of texture in tomato fruits[J]. Journal of Experimental Botany, 2007; 58: 1915-1925.

[13] Foolad M R. Genome mapping and molecular breeding of tomato[J]. International Journal of Plant Genomics, 2007: 51-52.

[14] Fridman E, Pleban T, Zamir D. A recombination hotspot delimits a wild-species quantitative trait locus for tomato sugar content to 484 bp within an invertase gene[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2000; 97(9): 4718-4723.

[15] Azanza F, Young T E, Kim D, et al. Characterization of the effect of introgressed segments of chromosome 7 and 10 from *Lycopersicon chmielewskii* on tomato soluble solids, pH, and yield[J]. Theoretical and Applied Genetics, 1994; 87(8): 965-972.

[16] Davies J N. Occurrence of sucrose in the fruit of some species of *Lycopersicon*[J]. Nature, 1966; 5023(209): 640-641.

[17] Chetelat R T, de Verna J W, Bennett A B. Introgression into tomato (*Lycopersicon esculentum*) of the *Lycopersicon chmielewskii* sucrose accumulator gene (*sucr*) controlling fruit sugar composition[J]. Theoretical and Applied Genetics, 1995; 91(2): 327-333.

[18] Jones R A, Scott S J. Genetic potential to improve tomato flavor in commercial F1 hybrids[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1984; 109: 318-321.

[19] Georgelis N, Scott J W, Baldwin E A. Relationship of tomato fruit sugar concentration with physical and chemical traits and linkage of RAPD markers[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2004; 129(6): 839-845.

[20] Monforte A J, Tanksley S D. Fine mapping of a quantitative trait locus (QTL) from *Lycopersicon hirsutum* chromosome 1 affecting fruit characteristics and agronomic traits; Breaking linkage among QTLs affecting different traits and dissection of heterosis for yield[J]. Theoretic of Applied Genetics, 2000; 100: 471-479.

[21] 徐明磊, 王孝宣, 宋明, 等. 利用分子标记筛选源于野生多毛番茄的高可溶性固形物的基因[J]. 农业生物技术学报, 2007; 15(1): 81-84.

[22] Giovannucci E, Ascherio A, Rimm E B, et al. Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer[J]. J. Natl. Cancer Inst, 1995; 87: 1767-1776.

[23] Giovannucci E, Rimm E B, Liu Y, et al. A prospective study of tomato products, lycopene, and prostate cancer risk[J]. J. Natl. Cancer Inst, 2002; 94: 391-398.

[24] Franceschi S, Bidoli E, La Vecchia C, et al. Tomatoes and risk of digestive tract cancers[J]. Int. J. Cancer, 1994; 59: 181-184.

[25] Minorsky. The hot and the classic[J]. Plant Physiology, 2002; 130: 1077-1078.

[26] 李纪锁. 番茄中番茄红素含量影响因素及遗传的初步研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2003.

[27] Fordham I M, Clevidence B A, Wiley E R, et al. Fruit of Autumn olive, a rich source of lycopene. Hortscience, 2001; 36: 1136-1137.

[28] Ronen G, Carmel-Goren L, Zamir D, et al. An alternative pathway to β -carotene formation in plant chromoplasts discovered by map-based cloning of Beta and old-gold color mutations in tomato[J]. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2000; 97: 11102-11107.

[29] Sacks E J, Francis D M. Genetic and environmental variation for tomato flesh color in a population of modern breeding lines[J]. J. Amer. Soc. Hort. Sci, 2001; 126(2): 221-226.

[30] Jarret R L, Sayama H, Tigchelaar E C. Pleiotropic effects associated with the chlorophyll intensifier mutations high pigment and dark green in tomato[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1984; 109: 873-878.

[31] Thompson A E, Tomes M L, Warr E V, et al. Characterization of crimson tomato fruit color.[J]. Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci, 1965; 86: 610-616.

[32] Mehta R A, Cassol T, Li N, et al. Engineered polyamine accumulation in tomato enhances phytonutrient content, juice quality, and vine life[J]. Nat. Biotechnol, 2002; 20: 613-618.

[33] Fraser P D, Romer S, Shipton C A, et al. Evaluation of transgenic tomato plants expressing an additional phytoene synthase in a fruit specific manner[J]. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2002; 99: 1092-1097.

[34] Bertin N, Buret M, Gary C. Insights into the formation of tomato quality during fruit development[J]. Journal of horticultural sciences & biotechnology, 2001; 76(6): 786-792.

[35] Causse M, Saliba-Colombani V, Lecomte L, et al. QTL analysis of fruit quality in fresh market tomato: a few chromosome regions control the variation of sensory and instrumental traits[J]. Journal of Experimental Botany, 2002; 377(53): 2089-2098.

[36] Stevens R, Buret M, Duffé P, et al. Candidate genes and quantitative trait loci affecting fruit ascorbic acid content in three tomato populations[J]. Plant Physiology, 2007; 143: 1943-1953.

苦瓜新品种“农经苦瓜 1 号”的选育

杜兴臣¹, 周淑香¹, 张宪伟¹, 关法春²

(1. 黑龙江农业经济职业学院, 黑龙江 牡丹江 157041; 2. 西藏农牧学院 植物科技学院, 西藏 林芝 860000)

摘 要: 苦瓜新品种“农经苦瓜 1 号”是通过长白苦瓜系选育种的方法选育而成的。该品种早熟、高产、低温坐果能力强、种子发芽率高, 非常适合东北高寒地区种植。

关键词: 新品种; 农经苦瓜 1 号; 选育

中图分类号: S 642.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001—0009(2010)21—0221—02

苦瓜果实肉质脆嫩, 苦味独特, 营养丰富, 可供药用。果实中富含苦瓜甙、苦瓜素、多种氨基酸、半乳糖醛酸及果胶等。苦瓜有降低血糖的作用, 被誉为“植物胰岛素”, 是治疗糖尿病良药。苦瓜中的“高能清脂素”, 被称为“脂肪杀手”, 能使摄取的脂肪和多糖减少 40%~60%, 所以吃苦瓜可以减肥。苦瓜中含有的蛋白酶, 能抑制恶性肿瘤细胞的生成和增强免疫细胞的活性, 具有明显的抗癌作用。

苦瓜适应性广, 喜水喜温, 是我国南方地区种植的传统蔬菜。近些年来, 东北地区对苦瓜的市场需求量逐年加大, 东北地区也开始从南方引种。在保护地内种植苦瓜, 取得了较好的经济效益。但在黑龙江高寒地区, 由于该地区气候寒冷, 温差较大, 与苦瓜原产地的气候

条件相差较大, 从南方引种的苦瓜品种以及当地培育的品种产量不高、种子发芽率低、耐低温性能较差, 筛选出适合黑龙江省高寒地区栽培的苦瓜优良品种已是当务之急。

1 选育过程

该品种是在对 2001 年栽培的长白苦瓜优良植株进行单株留种过程中, 发现了出芽率较高、长势较强的变异植株。2003 年, 根据后代的表现特征选择一株瓜色浅绿、生长强健的优良单株, 2004~2005 年进行自交和姊妹系间杂交的方法, 逐渐扩大群体规模, 使其遗传性状充分显现, 对优良单株进行留种, 并以优良单株部分种子的发芽势作为筛选指标, 确定优良群体, 通过 2 a 的加代纯化, 该苦瓜群体表现出种子发芽率高, 发芽势强, 早熟性好的特点, 一般催芽条件下种子发芽率达 90% 以上, 主蔓第 1 个雌花着生在 8~12 节, 结瓜部位明显比对照降低, 结瓜期提前。

2006 年对目标群体中苦瓜单株的幼嫩叶片提取 DNA, 使用随机引物进行筛选, 从 120 个 RAPD 随机引物中筛选出 2 个具有良好稳定性的差异引物, 利用筛选

第一作者简介: 杜兴臣(1975-), 男, 牡丹江市人, 硕士, 副教授, 现从事园林专业课程教学与科研工作。E-mail: dxc85190@163.com。
通讯作者: 关法春(1976-), 男, 博士, 讲师, 研究方向为环境生态保护。
收稿日期: 2010—08—17

[37] Hagimori M, Watanabe N, Saito H, et al. Breeding of tomato with high L-ascorbic acid content by donal selection [J] . J. Japan. Soc. Hort. Sci. 2005 74(1): 16-22.

[38] Schauer N, Semel Y, Roessner U, et al. Comprehensive metabolic profiling and phenotyping of interspecific introgression lines for tomato improvement [J] . Nat Biotechnol. , 2006, 24: 447-454.

[39] Rousseaux M C, Jones C M, Adams D, et al. QTL analysis of fruit antioxidants in tomato using Lycopersicon pennellii introgression lines [J] . Theor Appl Genet. 2005, 111: 1396-1408.

[40] Schauer N, Zamir D, Femie A R. Metabolic profiling of leaves and fruit of wild species tomato: a survey of the Solanum lycopersicum complex [J] . J Exp Bot. 2005, 56: 297-307.

Research Progress in Quality Breeding of Tomato

MI Guo-quan, WANG Jin-hua, ZHAO Xiao-bin, CHENG Zhi-fang, WANG Zhi-yong
(Institute of Horticulture, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou, Henan 450002)

Abstract: The importance of soluble solids, lycopene and ascorbic acid on the improving quality of tomato were discussed, indicated that these index were objectives and trends of the quality breeding of tomato.
Key words: quality breeding; soluble solids; lycopene; ascorbic acid.