

文章编号:1000-8551(2020)05-1106-07

鸡粪的施用对薄皮甜瓜果实糖积累及糖代谢 相关酶活性的影响

靳亚忠^{1,*} 陈业雯¹ 龙闪闪¹ 李康乐¹ 马晓伟¹ 何淑平¹ 齐红岩²¹黑龙江八一农垦大学农学院,黑龙江 大庆 163319; ²沈阳农业大学园艺学院,辽宁 沈阳 110866)

摘要:为了探讨鸡粪以及鸡粪与尿素配施对薄皮甜瓜果实糖积累及糖代谢相关酶活性的影响,本试验以薄皮甜瓜 DX108 为试验材料,以尿素为氮源的处理为对照(CK),研究了相同施氮量条件下,鸡粪与尿素配施(A)以及鸡粪(B)对甜瓜果实葡萄糖、果糖和蔗糖含量的影响,分析了蔗糖磷酸合成酶(SPS)、蔗糖合成酶(SS,蔗糖合成与分解方向)、酸性转化酶(AI)和中性转化酶(NI)的活性。结果表明,与CK相比,B、A明显促进了果实中果糖、蔗糖及葡萄糖积累,尤其是显著增加了成熟果实中这3种糖的含量。相关性分析表明,CK的甜瓜果实蔗糖积累与AI活性呈显著负相关,葡萄糖与SPS和SS(蔗糖合成酶)合成方向酶活性呈显著正相关;A和B果实中蔗糖、葡萄糖和果糖积累(除B中葡萄糖积累)与SPS、NI活性呈显著或极显著正相关,与SS分解方向酶活性呈极显著负相关,而A果实中葡萄糖积累与SPS和NI活性呈极显著正相关。综上所述,A和B提高了果实中SPS、NI活性,降低了SS分解方向酶活性,进而促进了糖的积累。本研究结果为有机肥替代化学氮肥在甜瓜生产上的应用提供了理论依据。

关键词:甜瓜;鸡粪;尿素;糖积累;糖代谢酶

DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2020.05.1106

甜瓜(*Cucumis melo* L.)是一种高经济价值的作物,近年来已成为黑龙江省设施生产中的主要种植对象。随着生活水平的提高,消费者对果实品质的要求不断提高。甜瓜中糖组分及其含量对果实内在品质有着重要的影响,是决定果实品质的重要指标之一^[1-3]。研究表明,影响甜瓜果实糖分含量的因素很多,其中氮肥对果实糖分的积累具有明显的调节作用^[1, 3-5],且随着化学氮肥用量的增加甜瓜果实滴定酸含量升高、可溶性固形物含量降低^[4-5]、可溶性糖含量和糖酸比降低^[3, 5]。通过减少化学氮肥或部分替代使用化学氮肥,进而提高甜瓜甜度已成为生产者和科研工作者的关注热点之一。已有研究表明,有机肥及其与化学氮肥的配施,可以提高番茄^[6]、西瓜^[7-8]、桃^[9]、苹果^[10]、冬枣^[11]果实的可溶性糖含量,但不同种类的有机肥对可溶性糖含量的影响存在差异^[8]。甜瓜果实中积累的糖分主要包括蔗糖、葡萄糖、果糖,而果实糖分含量

的差异与糖代谢相关酶活性有关,包括蔗糖磷酸合成酶(sucrose phosphate synthase, SPS)、蔗糖合成酶(sucrose synthase, SS,合成与分解两个方向)以及转化酶^[2]。马慧等^[12]研究发现,成熟的河套蜜瓜果实中SPS和SS合成方向活性显著高于楼兰王果实,导致果实中蔗糖含量明显高于楼兰王果实;在高蔗糖积累型网纹甜瓜克利斯托成熟果实中SPS活性高于低蔗糖积累型网纹甜瓜娜依托,而微蔗糖积累型花皮梢瓜成熟果实中蔗糖积累则与酸性转化酶(acid invertase, AI)活性降低有关,且不同发育时期果实糖分含量以及成熟果实不同部位糖分含量的差异均与果实中SPS活性、AI活性以及SS净活性(合成方向酶活性与分解方向酶活性差值)有关^[13]。梨不同品种糖分含量存在差异,可以通过糖代谢相关酶活性高低及不同代谢酶种类相协调差异性来解释这种现象^[14]。关于苹果的研究发现,适宜氮素用量可提高果实中果糖、蔗糖、葡

收稿日期:2018-11-26 接受日期:2019-03-23

基金项目:现代农业产业技术体系国家西甜瓜产业技术体系(CARS-25),博士科研启动基金(XDB2015-01)

作者简介:靳亚忠,男,副教授,主要从事木霉菌开发及应用、设施蔬菜栽培生理学研究以及果蔬品质分子生物学研究。E-mail: jyz_hsp@126.com

* 通讯作者:同第一作者。

葡萄糖的积累,而氮素过量(浓度 $>0.3\%$)则导致其淀粉、果糖、蔗糖、葡萄糖的合成受到抑制,而淀粉代谢相关酶活性以及SPS、SS合成方向活性以及AI活性也降低,且相关性显著^[15]。此外,有研究发现改变有机肥料以及有机肥的用量并未提高甜瓜果实的糖含量,但能提高甜瓜产量^[16-17];同样的,有机肥也未增加黄瓜果实中的糖含量^[18],Curuk等^[19]在甜瓜和西瓜中也得到了类似的结果。

有机肥部分替代或全部替代甜瓜生产中的化学氮肥,能否通过改变糖代谢相关酶活性进而提高甜瓜中糖分的积累,还存在争议。鸡粪是一种比较优质的有机肥,其含有作物生长发育所需的中微量元素、有益生物活性菌及多种酶。因此,本研究以鸡粪作为有机肥,替代化学氮肥以及与化学氮肥配施,以薄皮甜瓜DX108为试验材料,探究鸡粪、鸡粪与尿素配施对甜瓜果实糖分积累以及糖代谢相关酶的影响,以期对甜瓜生产实际和理论研究提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

盆栽试验采用基质为草炭:河沙=3:1比例配置的混合基质,每桶装填10 kg基质。供试薄皮甜瓜为黑龙江八一农垦大学园艺系甜瓜课题组繁育的DX108自交系品种(花后30~33 d成熟),采用穴盘进行育苗,当幼苗长出第4片真叶时,选取长势基本一致、无病虫害的幼苗定植于桶中,每桶定植1株甜瓜幼苗。

供试肥料为常规肥料:尿素(含N为46%)、磷酸二铵[含磷(P_2O_5)46.0%和含N 21.2%]、硫酸钾[含钾(K_2O)34.3%];试验用鸡粪为商品鸡粪:含全氮1.46%,含磷(P_2O_5)0.74%,含钾(K_2O)0.75%,由黑龙江牧康牧业有限公司提供。

1.2 试验设计

试验共设置鸡粪+尿素配施处理(A)、鸡粪处理(B)和对照(CK)3个处理,其中CK为化学肥料处理。施肥用量为尿素10 g/桶、磷酸二铵6.52 g/桶、硫酸钾8.74 g/桶,肥料的用量为纯N $600\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 P_2O_5 $300\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 K_2O $300\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$;A为纯N $300\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ +鸡粪(纯N $300\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$),各肥料用量为鸡粪205 g/桶、尿素5.04 g/桶、磷酸二铵3.22g/桶、硫酸钾4.26 g/桶;B量根据纯N $600\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 计算,为410 g/桶,其中包含磷(P_2O_5) $3.03\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,含钾(K_2O) $3.08\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,未添加磷酸二铵和硫酸钾。在桶中填混合基质时,CK一半的氮磷钾肥料以基肥的形式混合入土,

其余肥料再平均分成两份,分别在甜瓜植株伸蔓期和果实坐果后进行追施;A和B所用鸡粪和磷酸钾肥以及A的尿素,在装填桶时与基质混合均匀,装入桶中。每个处理共18桶,分3次重复,每个重复6桶,随机区组排列,置于黑龙江八一农垦大学农学院园艺系实验基地的塑料大棚中,各处理浇水、病虫害防治均按照统一的管理方式进行。甜瓜植株按照单蔓整枝方式进行管理,子蔓结瓜,瓜前留1片叶进行摘心。在甜瓜果实开花当天进行人工授粉,并挂标签标记,在花后果实生长的第20、第25、第30、第35天采集甜瓜果肉样品,置于 -40°C 冰柜贮藏,用于后续各项指标的测定。

1.3 测定项目与方法

果糖、葡萄糖、蔗糖含量的测定:取1 g冻样,研磨后置于10 mL离心管中,加入5 mL 80%乙醇溶液, 80°C 水浴30 min,冷却后 $3\ 000\times g$ 离心10 min,收集上清液于50 mL容量瓶中,重复以上步骤2次,合并上清液,将上清液定容至50 mL,即为3种糖的待测液。葡萄糖和果糖含量的测定采用蒽酮-硫酸比色法^[20];蔗糖含量的测定采用NaOH-蒽酮-硫酸比色法^[20]。

酶活性的测定:取1 g冻样置于研钵中,加入少量石英砂和10 mL HEPES缓冲液(包括 $50\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ HEPES-NaOH, pH值7.5, $1\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ EDTA, $10\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ $MgCl_2$, $2.5\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ DTT, $10\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ MVC和5%不溶性PVPP),冰浴研磨成匀浆,4层纱布过滤后, $12\ 000\times g$ 、 4°C 离心20 min,吸取全部上清液;然后向其中逐渐加入硫酸铵至80%溶解度,分多次加入以确保其充分溶解,冰上放置15 min后, $12\ 000\times g$ 、 4°C 离心30 min,弃掉上清液,用3 mL缓冲液溶解沉淀,并转移至透析袋中,置于 4°C 冰箱,用稀释10倍的提取缓冲液(不含PVPP)透析20 h,透析液为待测液。SPS、SS(合成和分解方向)以及AI和中性转化酶(neutral invertase, NI)活性测定参考李志凌^[14]的方法。

1.4 数据处理与分析

采用Excel 2010和SPSS.19软件对数据进行处理和统计分析,采用Duncan新复极差法进行显著性分析;采用Origin 8.0作图。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理下甜瓜果实葡萄糖、蔗糖、果糖含量变化

由图1可知,不同施肥处理对甜瓜果实葡萄糖、蔗糖、果糖含量的影响存在明显差异,尤其在果实成熟

期。随着甜瓜果实的发育,葡萄糖、蔗糖和果糖积累发生变化,CK 甜瓜果实中葡萄糖、果糖的含量呈先升高后降低的趋势,其果实葡萄糖和果糖含量最高分别为 $58.48 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ (花后 30 d) 和 $62.74 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ (花后 25 d); A 和 B 的葡萄糖、果糖含量呈不断增加的趋势,在生长发育后期(花后 35 d),A 和 B 甜瓜果实中的葡萄糖和果糖含量明显高于 CK,尤其葡萄糖含量表示出显著性差异($P < 0.05$)。与 CK 相比,在花后 35 d,A 和 B 果实中蔗糖含量显著增加 84% 以上($P < 0.05$),而 B 成熟果实中蔗糖含量较 A 果实显著提高了 18.7%($P < 0.05$)。说明在生产中利用鸡粪有机肥全部替代或部

分替代化学氮肥能够提高甜瓜果实中的葡萄糖、蔗糖和果糖含量,进而改变果实甜度。

2.2 甜瓜果实蔗糖磷酸合成酶、蔗糖合成酶活性变化

在果实生长发育过程中,A 和 B 甜瓜果实中 SPS 活性变化趋势基本一致,均呈升高趋势(图 2-A),且在花后 35 d 达到最大值,分别为 $36.25 \mu\text{mol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $40.28 \mu\text{mol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ 。花后 20~35 d,CK 果实中 SPS 活性基本处于平缓变化状态,且显著低于 A 和 B($P < 0.05$)。

甜瓜果实中 SS 活性变化分为合成和分解两个方向。由图 2-B 可知,花后 20~35 d 所有处理的甜瓜果实 SS 合成方向酶活性的变化趋势基本一致,呈先上升而后降低的趋势。随着甜瓜果实的发育,花后 30 d 时,A 和 B 果实中 SS 合成方向酶活性均达到最大值,分别为 $52.03 \mu\text{mol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $45.24 \mu\text{mol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$,均显著高于 CK($P < 0.05$);A 果实 SS 合成方向酶活性显著高于 B 果实($P < 0.05$)。

由图 2-C 可知,花后 20~35 d,A 和 B 甜瓜果实中 SS 分解方向酶活性均呈先略升高后降低趋势;CK 果实中 SS 分解方向酶活性呈下降趋势,且后期下降缓慢,而 A、B 果实中 SS 分解方向酶活性在花后 25 d 后迅速下降,均在花后 35 d 达最低值。花后 30~35 d,B 与 CK 果实中 SS 分解方向酶活性无显著差异($P > 0.05$),而花后 35 d 时,A 果实中该酶活性($27.89 \mu\text{mol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)明显高于 B($20.27 \mu\text{mol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)和 CK ($20.78 \mu\text{mol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$),但差异不显著($P > 0.05$)。

2.3 不同施肥处理下甜瓜果实转化酶活性变化(酸性和中性转化酶活性)

在甜瓜果实中 AI 活性随着果实发育整体呈降低趋势(图 3-A)。花后 20 d 之后,甜瓜果实中 AI 活性迅速下降至最低(花后 25 d),且 A 与 B 之间无显著差异,但显著高于 CK($P < 0.05$)。花后 25 d 之后,A 和 B 果实中 AI 活性呈先升高后降低的趋势,但 CK 果实中 AI 活性基本稳定。此外,花后 25~35 d,B 果实中 AI 活性始终显著高于 A($P < 0.05$)。

由图 3-B 可知,各处理甜瓜果实中 NI 活性在花后 20~35 d 变化趋势基本一致,随着果实发育,NI 活性逐渐升高,处理之间存在差异。CK 甜瓜果实中 NI 活性变化缓慢且增幅较小,而 A 和 B 果实中 NI 活性变化幅度明显大于 CK,且在花后 20 d 之后,A 和 B 果实中 NI 活性均显著高于 CK($P < 0.05$)。花后 20~35 d,B 果实中 NI 活性显著高于 A 果实($P < 0.05$)。

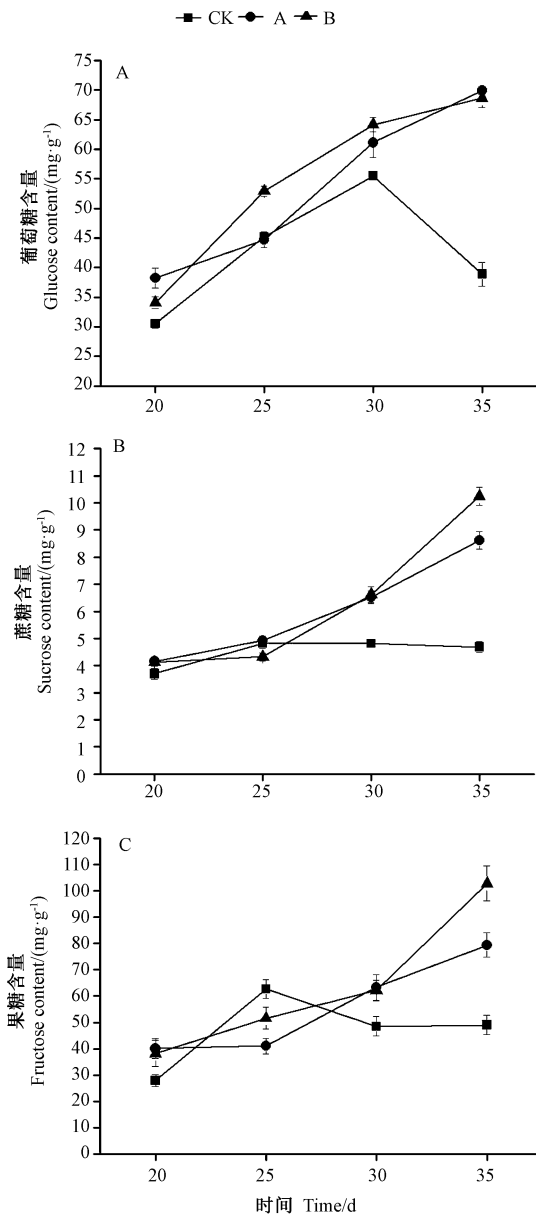


图 1 不同施肥处理对葡萄糖、蔗糖和果糖含量的影响

Fig.1 Effects of different fertilization treatments on glucose, sucrose and fructose content

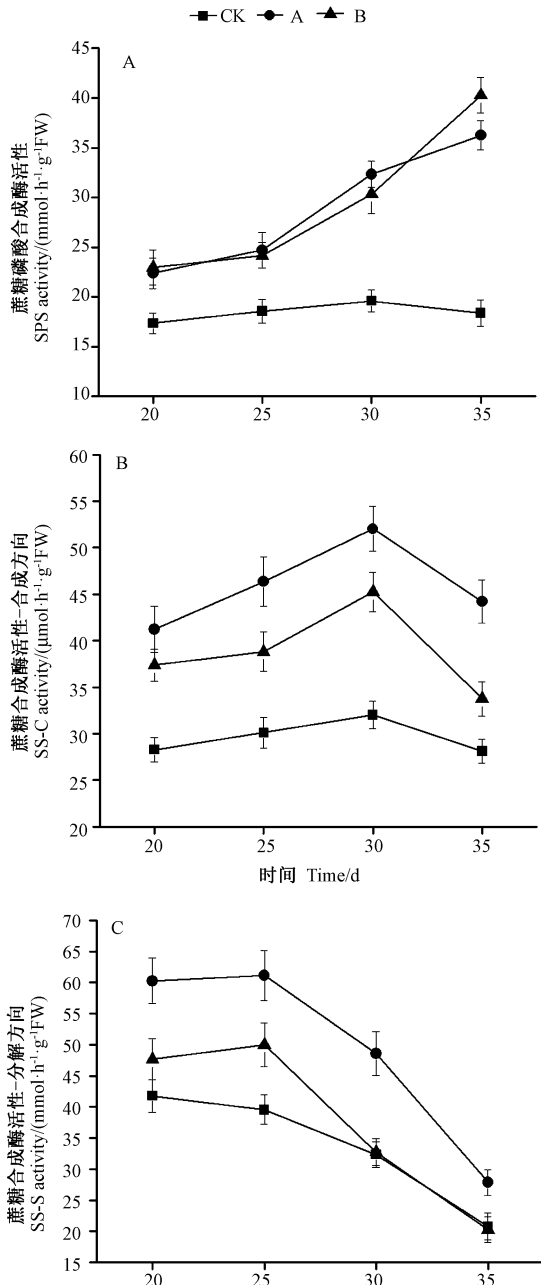


图2 不同施肥处理对甜瓜果实蔗糖磷酸合成酶和蔗糖合成酶活性的影响

Fig.2 Effects of different fertilization treatments on SPS and SS activity in melon fruit

3 讨论

甜瓜属于喜肥的作物,在植株营养生长和甜瓜果实生长发育期间对氮、磷、钾肥的需求较高,尤其是氮肥和钾肥^[5,21]。此外,瓜果类蔬菜作物的产量和品质除了受品种的影响外,还与施肥有关^[4,6,8]。设施栽培

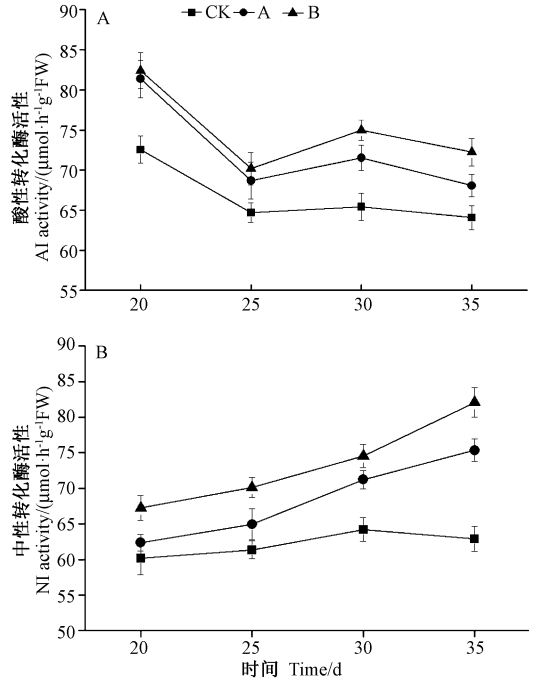


图3 不同施肥处理对甜瓜果实酸性转化酶和中性转化酶活性的影响

Fig.3 Effects of different fertilization treatments on AI and NI activity in melon fruit

中,生产者为了追求产量和经济效益,化学氮肥的施用量一直处于过量状态,导致肥料的利用率较低^[4,8,22]。研究表明在一定氮肥施用量范围内,甜瓜的产量增加,但氮肥施用量过量会导致甜瓜的产量和可溶性糖含量明显降低^[1,8,23]。诸多研究表明,有机肥全部或部分替代化学氮肥能提高瓜果类蔬菜的可溶性糖含量^[6-10]。在本试验条件下,花后25~35 d, A、B甜瓜果实中蔗糖、葡萄糖含量均显著高于相同施氮量的CK ($P < 0.05$),且A优于B,尤其是成熟果实中。这与前人在苹果中的研究结果基本一致^[10],但与其他学者在甜瓜中的研究结果相反^[16,19]。其原因有可能是有机肥种类以及有机肥与化学氮肥的配施比例不同,对土壤理化性质、植物根系分泌物、植物对氮素的吸收代谢调节等作用存在差异,导致了果实糖积累不同^[24-28]。此外,前人对扁豆研究也发现,等氮量下,鸡粪与尿素配施通过调控根系分泌物的改变和土壤微生物数量增加及组分的变化,促进了扁豆可溶性糖含量的增加^[29]。但是有机肥种类以及有机肥与化学氮肥的配施影响果实糖积累差异的机理还有待进一步研究。

甜瓜果实糖分积累与蔗糖代谢相关酶之间的协同调控相关^[12,14,16]。在苹果中,氮肥的过量施用(氮肥浓度 $>0.3\%$)抑制了苹果果实中淀粉代谢酶、SPS、SS

合成方向以及 AI 活性,进而降低了果实中可溶性糖含量^[10]。本研究发现, A、B、CK 3 种处理甜瓜果实中 SPS、SS 合成方向和分解方向、AI、NI 活性均表现出相似的变化趋势,但 A、B 显著提高了花后 20~35 d 果实中大部分代谢酶的活性。相关性分析发现,CK 甜瓜果实蔗糖积累与 AI 活性呈显著负相关,葡萄糖与 SPS 和 SS 合成方向酶活性呈显著正相关,而 A、B 甜瓜果实中蔗糖、葡萄糖和果糖积累(除 B 中葡萄糖)均与 SPS、NI 活性呈显著正相关;A 甜瓜果实中蔗糖、葡萄糖和果糖积累均与 SS 分解方向酶活性呈显著负相关,而 B 甜瓜果实中蔗糖积累与 SS 分解方向酶活性呈显著负相关(表 1)。由此可知,鸡粪主要通过影响 SPS、NI、SS(分解方向)之间的相互协调进而调控甜瓜果实中糖分积累。甜瓜中糖分含量随着化学氮素浓度的提高呈现先升高后降低的趋势^[3],可能与氮素过量条件下抑制 SPS、SS 合成酶活性有关^[28]。而本研究中,鸡粪与尿素配施可能缓解了化学氮肥对果实中 SPS、SS

合成方向酶活性的抑制作用,从而促进了甜瓜果实糖的积累,但其调控机理尚不明确。甜瓜果实糖的代谢是一个复杂的生理代谢过程^[30-31],有多种酶参与糖的合成和代谢^[32],存在于不同细胞器中的糖转运蛋白也参与了糖的转运与积累^[33]。大量研究表明,有机肥以及有机肥与化学氮肥配施与纯施化学氮肥相比,提高了土壤酶活性、土壤养分有效性,并改变了其腐殖质组成及含量,同时改善了土壤微生物群落结构,增强了土壤的供肥性能,促进了作物生长并提高了果实品质^[23,28,34-36],可能是通过氮素信号、糖信号以及激素信号传递,调控了植物-土壤-微生物这样的互作系统,开启了果实中糖代谢途径“开关”基因,改变了果实糖代谢途径,促进了糖分在细胞中的运输、转化以及积累的改变,从而导致了甜瓜果实中可溶性糖含量以及糖分含量的差异,但该推测还需利用分子生物学的手段进一步验证。

表 1 果实糖组分与相关代谢酶活性的相关系数

Table 1 Correlation coefficients between sugar contents and related enzyme activity in melon fruit

糖组合 Sugar composition	处理 Treatments	蔗糖磷酸 合成的 SPS	蔗糖合成酶-合成 SS-cleavage activity	蔗糖合成酶-分解 SS-synthetic	酸性转 化酶 AI	中性转 化酶 NI
蔗糖 Sucrose	CK	0.852 0	0.576 1	-0.487 4	-0.969 7*	0.739 8
	A	0.980 2*	0.253 5	-0.975 9*	-0.668 2	0.988 1*
	B	0.999 1**	-0.362 6	-0.980 7*	-0.382 4	0.987 1*
葡萄糖 Glucose	CK	0.984 0*	0.933 7*	-0.173 4	-0.660 6	0.818 5
	A	0.999 4**	0.431 2	-0.928 0*	-0.675 9	0.999 2**
	B	0.826 6*	0.089 4	-0.805 4	-0.740 3	0.886 1
果糖 Fructose	CK	0.617 1	0.428 0	-0.223 0	-0.885 3	0.388 1
	A	0.987 2*	0.280 0	-0.974 2*	-0.558 1	0.986 2*
	B	0.985 0*	-0.428 0	-0.928 0	-0.533 3	0.989 0*

注: * 和 ** 分别表示相关性在 0.05 和 0.01 水平达到显著和极显著。

Note: * and ** indicate the correlation was significant and extremely significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

4 结论

本研究结果表明,利用鸡粪替代或部分替代尿素调节了甜瓜果实中蔗糖、葡萄糖、果糖的积累,提高了花后 25~35 d 果实中蔗糖、葡萄糖的含量以及花后 30~35 d 果实中果糖的含量,尤其是花后 35 d 成熟果实中这 3 种糖含量显著高于纯化学氮肥处理果实。此外,化学肥料处理甜瓜果实中糖分积累与 SPS 和 AI 活性相关,而鸡粪部分替代处理果实中糖分积累以及鸡粪全部替代处理果实中蔗糖积累与 SPS、NI 活性呈显

著或极显著正相关,与 SS 分解方向酶活性呈显著负相关,而鸡粪全部替代处理果实中果糖积累与 SPS、NI 活性呈显著正相关,推测鸡粪的施用引起糖代谢过程中这几种酶之间的相互协调关系发生了变化,进而导致务施肥处理果实对蔗糖、葡萄糖、果糖积累产生了差异。但是,本研究无法解释鸡粪的施用如何启动甜瓜果实糖代谢途径中的“开关”基因,进而影响了代谢途径中关键酶的活性变化以及糖分的运输与分配。因此,还需从分子生物学的角度进一步明确有机氮调控植物体内氮信号、糖信号以及激素信号的级联系统,进而探究影响甜瓜果实糖代谢、运输及分配的分子机理。

参考文献:

- [1] 李立昆, 李玉红, 司立征, 程智慧, 陈明月. 不同施氮水平对厚皮甜瓜生长发育和产量品质的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(3): 150-153
- [2] 汤谧. ‘风味甜瓜’系列果实高糖高酸品质形成的机理研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010
- [3] 潜宗伟, 陈海丽, 刘明池. 不同氮素水平对甜瓜芳香物质和营养品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(6): 1451-1458
- [4] 康利允, 常高正, 高宁宁, 李晓慧, 李海伦, 梁慎, 徐小利, 赵卫星. 不同氮、钾肥施用量对甜瓜养分吸收、分配及产量的影响[J]. 中国农业科学, 2018, 51(9): 1758-1770
- [5] 胡国智, 冯炯鑫, 张炎, 吴海波, 熊韬, 李青军. 不同施氮量对甜瓜养分吸收、分配、利用及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(3): 760-766
- [6] 赵政, 陈巍, 王欢, 夏可心, 高仁维, 姜斯琪, 庞冠, 蔡枫. 木霉微生物肥与减量化肥配施对番茄产量、品质及土壤肥力的影响[J]. 土壤学报, 2018, 55(5): 1243-1253
- [7] 杜少平, 马忠明, 薛亮. 密度、氮肥互作对旱砂田西瓜产量、品质及氮肥利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(1): 150-157
- [8] 赵鹏, 董彩霞, 申长卫, 雷锡琼, 王硕, 任丽轩, 沈其荣. 3种有机无机肥配施对西瓜氮、钾养分吸收以及产量和品质的影响[J]. 南京农业大学学报, 2015, 38(2): 288-294
- [9] 罗华, 李敏, 胡大刚, 宋红日, 郝玉金, 张连忠. 不同有机肥对肥城桃果实产量及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(4): 955-964
- [10] 赵佐平, 高义民, 刘芬, 王小英, 同延安. 化肥有机肥配施对苹果叶片养分、品质及产量的影响[J]. 园艺学报, 2013, 40(11): 2229-2236
- [11] 刘方春, 邢尚军, 马海林, 杜振宇, 马丙尧, 段春华, 陈波. 生物肥对冬枣生物学特性及产量和品质的影响[J]. 水土保持学报, 2010, 24(6): 222-226
- [12] 马慧, 白立华, 李浩然, 闫灵芝, 杜瑞霞, 刘艳. 2种甜度差异型甜瓜果实糖分积累及其相关酶代谢特征研究[J]. 中国农学通报, 2016, 32(31): 51-56
- [13] 王德孚, 杨志军, 孙江妹, 曹玉芬, 黄小三, 张绍铃, 吴俊. 梨不同品种果实可溶性糖积累差异及代谢相关酶活性[J]. 果树学报, 2014, 31(1): 30-38
- [14] 李志凌. 甜瓜果实糖分积累与蔗糖代谢相关酶变化规律的基因型差异研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2003
- [15] 温志静, 郭延平, 张雯, 毛海燕, 梁俊. 叶喷不同水平氮肥对苹果果实淀粉和糖及代谢相关酶活性的影响[J]. 西北农业学报, 2018, 27(6): 846-853
- [16] 宋世威. 有机生态系统中甜瓜氮素营养生理研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2008
- [17] Melero S, Porras J C R, Herencia J F, Herencia F H, Madejon E. Chemical and biochemical properties in a silty loam soil under conventional and organic management [J]. Soil and Tillage Research, 2006, 90(1/2): 162-170
- [18] 尤彩霞, 陈清, 张福墀, 任华中. 有机肥对日光温室黄瓜产量和品质影响研究[J]. 北方园艺, 2005(5): 48-49
- [19] Curuk S, Serenli T, Mavi K, Evrendilek F. Yield and fruit quality of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thumb.) Matsum. & Nakai.) and melon (*Cucumis melo* L.) under protected organic and conventional farming systems in a Mediterranean region of Turkey [J]. Biological Agriculture and Horticulture, 2004, 22(2): 173-183
- [20] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 第1版. 北京: 高等教育出版社, 2000
- [21] 周军, 张立新, 司立征, 高梅. 氮磷钾肥不同配比对甜瓜产量的效应[J]. 西北农业学报, 2011, 20(6): 132-135
- [22] 蒋卫杰, 邓杰, 余宏军. 设施园艺发展概况、存在问题与产业发展建议[J]. 中国农业科学, 2015, 48(17): 3515-3523
- [23] 薛亮, 马忠明, 杜少平. 沙漠绿洲灌区甜瓜氮磷钾用量优化模式研究[J]. 中国农业科学, 2015, 48(2): 303-313
- [24] 赵亚楠, 王钰馨, 付喜玲, 陈修德, 李冬梅, 肖伟, 高东升, 李玲, 朱翠英. 牛粪肥和贝壳肥对肥城桃内在品质的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2016, 47(1): 1-8
- [25] 要晓玮, 梁银丽, 曾睿, 吴兴. 不同有机肥对辣椒品质和产量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2011, 39(10): 157-162
- [26] 张明琦, 刘慧, 赵凤艳, 张国显, 李明静, 杨丽娟. 不同施肥措施对番茄连作土壤酚酸含量和微生物功能多样性的调节[J]. 土壤通报, 2017, 48(4): 887-894
- [27] 姜丽娜, 敬岩, 符建荣, 马军伟, 叶静, 王强, 汪建妹, 成丽萍. 有机肥提升高产稻田生产力及土壤生物活性作用研究[J]. 土壤通报, 2010, 41(4): 892-897
- [28] 王维, 吴景贵, 李蕴慧, 李建明, 赵欣宇, 曲晓晶, 胡娟. 有机物料对不同作物根系土壤腐殖质组成和结构的影响[J]. 水土保持学报, 2017, 31(2): 215-220
- [29] 王明友, 张红, 张桂祥. 鸡粪配施尿素对扁豆根际微环境特征及产量、品质的影响[J]. 水土保持通报, 2017, 37(6): 101-105, 112
- [30] Yang L Y, Chen J J, Sun X M, Li J X, Chen N L. Inhibition of sucrose and galactosyl-sucrose oligosaccharide metabolism in leaves and fruits of melon (*Cucumis melo* L.) under low light stress [J]. Scientia Horticulturae, 2019, 24: 343-351
- [31] Barzegar T, Delshad M, Kashi A K, Mauve C, Ghashghaie J. Sugar accumulation pattern and contents in developing fruits of two iranian melon cultivars [J]. Iranian Journal of Plant Physiology, 2015, 5(3): 1353-1359
- [32] Saladié M, Cañizares J, Phillips M A, Rodriguez-Concepcion M, Larrigaudière C, Gibon Y, Mark S, Edward L J, Jordi G M. Comparative transcriptional profiling analysis of developing melon (*Cucumis melo* L.) fruit from climacteric and non-climacteric varieties [J]. BMC Genomics, 2015, 16: 440-460
- [33] Cheng J T, Wen S Y, Xiao S, Lu B Y, Ma M R, Bie Z L. Overexpression of the tonoplast sugar transporter CmTST2 in melon fruit increases sugar accumulation [J]. Journal of Experimental Botany, 2018, 69(3): 511-523
- [34] 王芬, 刘会, 冯敬涛, 田歌, 刘相阳, 葛顺峰, 姜远茂. 牛粪和生物炭不同配比对苹果根系生长、土壤特性和氮素利用的影响[J]. 中国生态农业学报, 2018, 12(1): 1-7

[35] 魏钦平,王小伟,张强,刘军,曹晶,张良英. 鸡粪和草炭配施对黄金梨园土壤理化性状和果实品质的影响[J]. 果树学报, 2009, 26(4): 435-439

[36] 尹淑丽,董力,刁彦花,刘丹,陈艳光,张根伟,程辉彩,崔冠慧,段普凡,张丽萍. 沼渣底施对黄瓜、番茄根围土壤微生态结构及产品品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2014(5): 65-69

Effects of Application of Chicken Manure on Sugar Accumulation and Activity of Enzymes Related to Carbohydrate Metabolism in Oriental Melon Fruit

JIN Yazhong^{1,*} CHEN Yewen¹ LONG Shanshan¹ LI Kangle¹ MA Xiaowei¹
HE Shuping¹ QI Hongyan²

¹College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319;

²College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866)

Abstract: To study the effects of chicken manure and chicken manure co-applied with urea on carbohydrate accumulation and activity of enzymes related to carbohydrate metabolism in oriental melon, this experiment used urea treatment as control and the oriental melon cultivar DX108 as experimental materials. Under same amount of nitrogen, the activities of sucrose phosphate synthase (SPS), sucrose synthase (SS, sucrose synthesis and decomposition direction), acid invertase and neutral invertase was analyzed. The results showed that compared with urea treatment chicken manure, chicken manure and urea treatment significantly increased the accumulation of fructose, sucrose and glucose in melon fruits during fruit development, especially improving promoted the sugar accumulation in mature fruits. The results of correlation analysis indicated that the sucrose accumulation in melon fruits treated with urea alone was negatively related to acid invertase(AI) activity, and the glucose accumulation was positively related to the enzyme activity of SPS and SS in the direction of synthesis. However, the accumulations of sucrose, glucose and fructose in fruits treated with chicken manure plus urea or chicken manure were mainly positively correlated with SPS and NI activity, and were significantly negatively correlated with the enzyme activity in the direction of SS decomposition, while the glucose accumulation in fruits treated with chicken manure plus urea was significantly correlated with SPS and NI activity. To sum up, all the studies in the experiment suggested that chicken manure or chicken manure plus urea treatment improved the enzyme activity of SPS and NI, and reduced the enzyme activity of SS in decomposition direction, promoting the accumulation of carbohydrate. This study provided a theoretical basis for the application of organic fertilizer instead of chemical nitrogen fertilizer in melon production.

Keywords: melon, chicken manure, urea, carbohydrate accumulation, carbohydrate metabolizing enzymes