

喷施沼液对苹果产量品质及蔗糖代谢 相关酶活性的影响

陈建伟^{1,2}, 贾亮亮^{2,3}, 赵京奇^{2,3}, 王彦博^{2,3}, 任广鑫^{2,3}, 杨改河^{2,3}

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西省循环农业工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100;
3. 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:以短枝“富士”苹果为试材,研究了叶面喷施不同体积分数的沼液对苹果产量品质及成熟过程中蔗糖代谢相关酶活性的影响。结果表明:喷施体积分数为75%的沼液,增加了果实维生素C、可溶性总糖和可滴定酸含量以及果实的果形指数,改善了苹果果实品质,提高了苹果的产量,与对照不喷清水不喷肥相比增产率最高,为13.7%,即667 m²可增产44.5 kg。果实成熟后期,各喷肥处理下的蔗糖合成酶和蔗糖磷酸合成酶活性均高于对照CK,随着沼液喷施体积分数的增加,蔗糖含量逐渐增多;蔗糖含量与蔗糖合成酶和蔗糖磷酸合成酶活性呈极显著正相关,相关系数为0.648、0.530($P < 0.01$)。因此,可以在苹果成熟后期叶面喷施沼液增加蔗糖合成酶和蔗糖磷酸合成酶的活性,进而提高果实内蔗糖含量,改善苹果的品质。

关键词:沼液;苹果;产量;品质;蔗糖酶活性

中图分类号:S 661.106⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)18-0035-07

沼肥是一种多功能生物肥,富含植物生长所需的营养物质、微量元素及调节植物生长的激素,能提高作物的抗病、抗虫能力,具有生物防治的功效,现已在果树、蔬菜、粮食、茶园等栽培管理中被广泛应用^[1]。近年来,人们对枣^[2]、蜜橘^[3]、梨^[4]、苹果^[5]和杏^[6]的研究表明,合理施用沼肥能有效改善果树生长指标,增加果树产量,提高果实品质。对苹果而言,果实含糖量是评价果实品质和

风味的重要指标。蔗糖是果实内糖存在的一种形式,它的积累是糖分提高的重要原因,代谢过程受酶调控。与蔗糖代谢有关的酶主要有酸性转化酶(Acid inverse, AI)、中性转化酶(Neutral inverse, NI)、蔗糖磷酸合成酶(Sucrose phosphate synthase, SPS)和蔗糖合成酶(Sucrose synthase, SS)。蔗糖代谢酶的活性与肥料及外界环境有关^[7],目前有关施用沼肥对果实蔗糖代谢相关酶活性影响的研究尚鲜有报道。该试验通过研究根外施用沼液对苹果果实蔗糖含量及其代谢相关酶活性的影响,探究苹果成熟过程中蔗糖含量与各代谢酶之间的相关性,阐明施用沼液影响蔗糖含量的代谢机制,为高产优质的科学施肥提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在乾县阳峪镇陈家坳村进行,位于北纬34°35'1.27",东经108°16'6.77"。供试苹果品种

第一作者简介:陈建伟(1991-),女,硕士研究生,研究方向为资源生态和区域发展。E-mail:chenjw1020@163.com.

责任作者:杨改河(1957-),男,博士,教授,博士生导师,现主要从事旱区农业与资源利用和农村区域发展及黄土丘陵区生态修复等研究工作。E-mail:ygh@nwsuaf.edu.cn.

基金项目:陕西省科技统筹创新工程计划资助项目(2014KTCL02-12);陕西省循环农业工程技术研究中心资助项目(2015QTGC-083);中国农村能源生态建设二期GEF赠款资助项目(G0203-PC)。

收稿日期:2017-04-05

为短枝“富士”,2008年定植,第3年挂果,树势中庸,株行距为3 m×4 m,果园肥力状况和管理水平在当地属中等水平,具有一定的代表性。供试

沼液采用正常产气3个月以上的沼气池出料间里的沼液,并澄清过滤后放置2~3 d,其营养成分如表1所示。

表1 供试沼液养分含量

Table 1 Nutrient content of biogas slurry

有机质含量 Organic matter content /(g·kg ⁻¹)	碱解氮含量 Available nitrogen content /(mg·kg ⁻¹)	速效磷含量 Available phosphorus content /(mg·kg ⁻¹)	速效钾含量 Available potassium content /(mg·kg ⁻¹)
33.74	421.05	82.59	436.85

1.2 试验方法

设置随机区组试验以叶面喷施不同体积分数沼液,共设5个处理,分别为对照CK(既不喷沼液也不喷清水)、T₁(喷施沼液体积分数为0%,即喷施清水)、T₂(喷施沼液体积分数为50%)、T₃(喷施沼液体积分数为75%)、T₄(喷施沼液体积分数为100%)。在果园内随机选取树势基本一致,无病虫害的果树进行挂牌标记作为试验用树。每3棵树作为1个处理,处理间设保护株,重复3次。果实套袋后(6月10日)开始喷肥,每隔1个月喷施1次,共喷施4次。叶面喷施选择无风的晴天且湿度较大的傍晚进行,喷施叶面时侧重于树叶背面,喷至叶面布满水珠而不滴水为宜,每株约10 L。9月13日第1次取样,之后每隔1周取样1次,直至果实完熟收获为止共取样5次,10月20日收获结束。采样时环绕果树在东南西北4个方向分别选择无机械性损伤、无虫害的苹果果实数个,果实采收当天运回实验室,并将果实去皮切块于液氮中速冻,-80℃冰箱中贮放,用于酶活性测定。

1.3 项目测定

1.3.1 果实品质的测定

果实硬度的测量:用GY-1型果实硬度计在果实的不同方向上取6个点测量(苹果去皮硬度)。可滴定酸含量的测定:按照GB12293-90水果、蔬菜制品可滴定酸的方法测定(指示剂滴定法)。果实可溶性固形物含量的测定:用WYZ型手持测糖仪在果实上随机取3点测定。果实的维生素C含量测定:用GB/T6195-86水果、蔬菜维生素C的测定方法(2,6-二氯酚靛酚滴定法)。可溶性总糖含量测定:采用蒽酮比色法。

1.3.2 蔗糖含量的测定

果实中蔗糖含量参考汤章城^[8]的方法测定。

1.3.3 酶液的制备及酶活性的测定

酶的提取:取1 g果实用液氮研磨,分批加入提取缓冲液 Tris-HCl 缓冲液(pH 7.0),内含5 mmol·L⁻¹ MgCl₂,2 mmol·L⁻¹ EDTA-Na₂,2% 乙二醇,0.2% 牛血清蛋白,2% PVP,5 mmol·L⁻¹ DTT。)冰浴研磨成匀浆,10 000 r·min⁻¹(2℃)离心20 min,取上清液3 mL置于透析袋中在透析液(提取缓冲液稀释5倍)中过夜,其间更换透析液2次,透析后的酶液定容至5 mL备用。

酶活性的测定:参照高俊凤^[9]的植物生理学实验指导中的方法,略加改进。中性转化酶反应液:0.1 mol·L⁻¹磷酸缓冲液(pH 7.0),内含1%蔗糖,5 mmol·L⁻¹ MgCl₂,1 mmol·L⁻¹ EDTA;酸性转化酶反应液:0.1 mol·L⁻¹醋酸缓冲液(pH 5.5),内含1%蔗糖。

1.4 数据分析

利用Excel 2007和SPSS 18.0软件对数据进行统计分析,用Origin 9.0软件进行图表绘制。采用单因素方差分析(one-way ANOVA)和Duncan's多重比较法检验不同施肥浓度下各指标的差异显著性;利用Pearson相关系数检验各指标之间的相关性。

2 结果与分析

2.1 不同体积分数沼液对苹果产量的影响

由表2可知,苹果的单果质量随喷施沼液体积分数的不断增大呈先增大后减少的趋势。T₃处理的单果质量最大(314.3 g),与CK相比,

表 2
Table 2
不同处理对苹果产量的影响
Effect of different treatment on production of apple

处理 Treatment	平均单果质量 Average fruit weight/g	667 m ² 产量 Yield of 667 m ² /kg	对比增产 Increase production/%
T ₁	268.5±2.3c	1 548.7	-2.9
T ₂	308.7±4.4ab	1 780.6	11.6
T ₃	314.3±5.0a	1 812.9	13.7
T ₄	294.7±4.0b	1 699.8	6.6
CK	276.5±6.2c	1 594.8	0.0

注:数值后的小写字母表示达 5%差异显著水平,下同。
Note: The lowercase letters after the value indicate significant difference at 5%, the same below.

增产率达到了 13.7%,即 667 m² 增产218.1 kg。T₁ 处理的单果质量最小(268.5 g),与 CK 相比,减少了 2.9%,即 667 m² 减产 46.1 kg。T₃ 处理的单果质量与 CK、T₁、T₄ 处理相比,达到差异显著性水平,与 T₂ 处理相比差异不显著。说明喷施体积分数为 75%的沼液苹果产量最高。

2.2 不同体积分数沼液对苹果品质的影响

2.2.1 喷施沼液对苹果外在品质的影响

由表 3 可知,除 T₁ 处理外,其它各处理对果实纵、横径的影响差异不显著,但各处理对果实果形指数的影响差异显著,以 T₃ 处理的苹果果形指数最优,为 0.90。与对照相比,T₂ 处理明显降低了果实硬度,但与其它处理间差异不显著。

2.2.2 喷施沼液对苹果内在品质的影响

由表 4 可以看出,不同处理对苹果果实内在品质的影响差异显著。就维生素 C 而言,CK 处理的苹果含量最低为 2.78 mg · (100g)⁻¹,随着沼液体积分数的增加,果实内维生素 C 含量逐渐增加,当喷施沼液的体积分数达到 100%时,苹果果实维生素 C 含量最高,为 3.42 mg · (100g)⁻¹,说明叶面喷施沼液能有效提高果实内维生素 C 含量。可溶性总糖和可滴定酸是决定果实风味的重要因素,T₃ 处理的果实内可溶性总糖和可滴定酸含量均达到最大值,分别为 23.19%、0.36%;T₂ 处理的果实内可溶性总糖含量显著高于 CK 处理,而可滴定酸含量与 CK 相比差异不显著。T₁、T₄ 处理

表 3
Table 3
不同沼液处理对苹果外在品质的影响
Effect of different biogas slurry treatment on apple fruit external quality

处理 Treatment	果实纵径 Fruit length/mm	果实横径 Fruit width/mm	果形指数 Fruit shape index	果实硬度 Fruit firmness/(kg · cm ⁻²)
T ₁	55.33±4.62b	66.83±3.88b	0.83±0.03ab	11.65±0.14ab
T ₂	71.50±1.53a	90.67±3.66a	0.79±0.05b	10.13±0.66b
T ₃	73.67±4.97a	82.17±5.17a	0.90±0.01a	11.85±0.60ab
T ₄	68.83±0.67a	83.67±1.48a	0.82±0.01ab	11.10±0.43ab
CK	75.17±4.10a	84.50±3.51a	0.89±0.02a	12.60±0.61a

表 4
Table 4
不同处理对苹果内在品质的影响
Effect of different treatment on apple fruit internal quality

处理 Treatment	维生素 C 含量 Vitamin C content/(mg · (100g) ⁻¹)	可溶性总糖含量 Total soluble sugar content/%	可滴定酸含量 Titratable acid content/%	糖酸比 Ratio of sugar and acid
T ₁	2.82±0.08c	20.12±0.40bc	0.28±0.003b	71.50±1.71bc
T ₂	3.04±0.17bc	21.72±0.46ab	0.23±0.003c	94.73±2.03a
T ₃	3.20±0.08ab	23.19±0.97a	0.36±0.008a	64.52±3.90c
T ₄	3.42±0.13a	19.73±1.06bc	0.26±0.011b	75.45±6.92bc
CK	2.78±0.06c	18.32±0.26c	0.23±0.004c	79.43±1.94b

均提高了果实中的可溶性总糖含量,但与CK相比差异不显著,同时也提高了可滴定酸的含量,差异显著。糖酸比是衡量果实品质的重要指标, T_2 处理的果实糖酸比最高达94.73,而 T_3 处理的果实糖酸比最低为64.52, T_1 、 T_4 处理与CK相比差异不显著。总之,叶面喷施沼液能提高果实的风味,改善果实的内在品质。

2.3 喷施沼液对苹果果实蔗糖含量及蔗糖代谢相关酶活性的影响

2.3.1 喷施沼液对苹果果实蔗糖含量的影响

如图1a所示,果实内蔗糖含量在果实成熟期随着时间的推移呈递增趋势,各处理均于10月13日采收时达最大值。从处理间来看,喷施沼液处理的苹果蔗糖含量均高于对照处理,喷清水处理的苹果蔗糖含量稍低于对照处理,采收时 T_3

处理蔗糖含量最高,为 $4.40 \text{ g} \cdot (100\text{g})^{-1}$, T_1 处理的蔗糖含量最低,为 $3.35 \text{ g} \cdot (100\text{g})^{-1}$ 。说明叶面喷施沼液可增加苹果果实蔗糖含量,以体积分数为75%的沼液进行叶面喷施效果最佳。

2.3.2 喷施沼液对蔗糖合成酶活性变化的影响

如图1b所示,随着果实的逐渐成熟蔗糖合成酶活性呈逐渐上升趋势。 T_4 处理的酶活性先上升到最大值,后逐渐下降,可见喷施高浓度的沼液会抑制蔗糖合成酶的活性;其它喷肥处理酶活性变化趋势大致相似,果实成熟前期酶活性较低且呈下降趋势,后期酶活性均呈上升趋势,采收时酶活性达最大值,且 T_3 处理的酶活性显著高于其它处理。说明叶面喷施沼液能在一定程度上提高蔗糖合成酶活性,促进蔗糖的合成,但是当浓度偏大时,酶活性反而受到抑制。

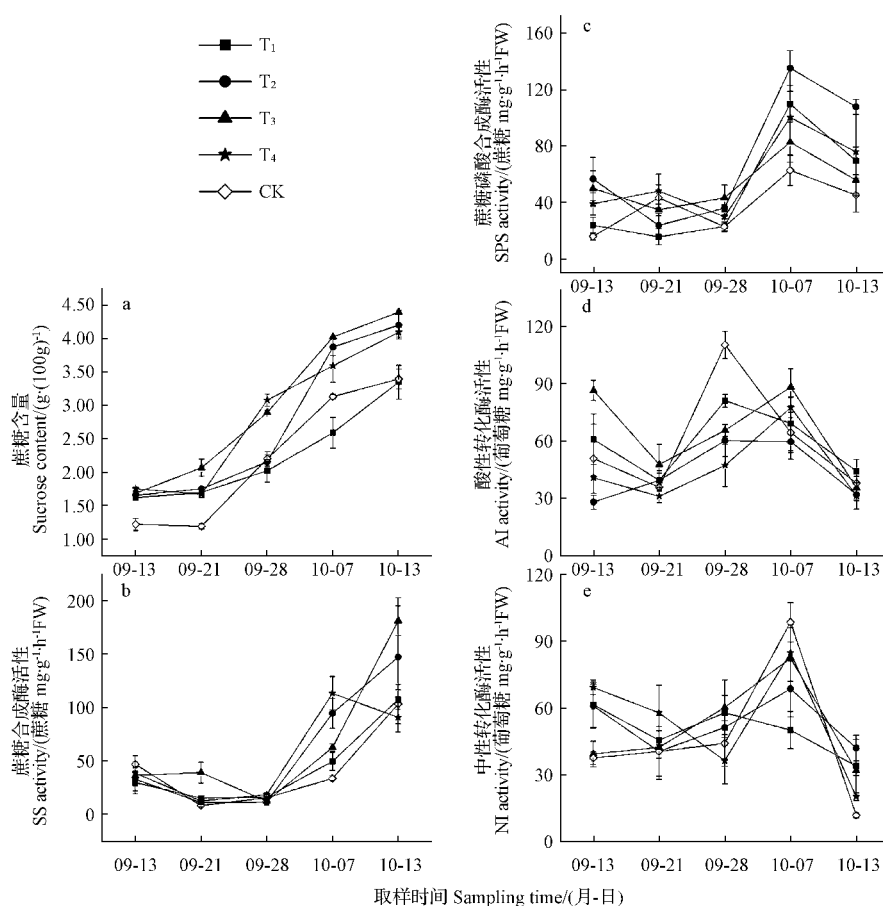


图1 不同喷肥处理对蔗糖及其代谢相关酶活性的影响

Fig.1 Effect of different spraying treatment on sucrose content and related enzymes activity

2.3.3 喷施沼液对蔗糖磷酸合成酶活性变化的影响

果实成熟期蔗糖磷酸合成酶活性变化较大。由图 1c 可以看出,成熟前期酶活性较低,变化幅度较小,各处理间差异不显著。成熟后期蔗糖磷酸合成酶活性呈先升高而后降低的趋势,且各施肥处理酶活性均显著高于对照; T_2 处理酶活性最高,且成熟后期一直高于其它处理。说明喷施沼液可在一定程度上增加蔗糖磷酸合成酶的活性,增加蔗糖合成量。

2.3.4 喷施沼液对酸性转化酶活性变化的影响

如图 1d 所示,酸性转化酶活性在果实成熟期波动较大,各处理之间的变化趋势大致相似,呈先下降后上升再下降的趋势。在果实成熟后期,喷清水和对照处理的果实内酸性转化酶活性呈逐渐下降趋势,而喷沼肥处理的果实内酶活性呈先上升后下降的趋势,说明喷施沼液可以影响果实成熟后期酸性转化酶活性,采收时,喷肥处理果实酸性转化酶活性均低于喷清水和对照处理,可见喷施沼液有利于降低转化酶活性,从而抑制蔗糖分解。

2.3.5 喷施沼液对中性转化酶活性变化的影响

中性转化酶的变化趋势与酸性转化酶相似,在果实成熟过程中整体呈先下降后上升再下降的趋势,如图 1e 所示。其中,对照处理的中性转化酶活性变化幅度较大,而喷清水和喷沼液处理的果实酶活性变化幅度相对有所缓和。除了喷清水处理外,其它各处理酶活性均于 10 月 7 日达到最大值,且低于对照处理,说明喷施沼液可以在一定时期内降低中性转化酶活性。在采收期,中性转化酶活性急剧下降。其中, T_2 处理酶活性最大,其次是 T_1 处理,CK 处理最低。叶面喷施沼液在果实成熟后期对果实内中性转化酶活性的影响很大,先抑制酶活性,后提高酶活性,从而影响了果实中蔗糖代谢过程。

2.4 果实中蔗糖含量与其代谢相关酶活性的相关性

由表 5 可知,果实发育过程中,蔗糖与蔗糖合成酶、蔗糖磷酸合成酶呈极显著正相关性,与酸性转化酶、中性转化酶无显著相关性,可见在果实发育过程中,蔗糖合成酶和蔗糖磷酸合成酶对果实内蔗糖合成起着重要的作用。

表 5

蔗糖与其相关酶活性的相关系数

Table 5

Correlation coefficient between sucrose and related enzymes

项目 Item	蔗糖合成酶 Sucrose synthase	蔗糖磷酸合成酶 Sucrose phosphate synthase	酸性转化酶 Acid invertase	中性转化酶 Neutral invertase
蔗糖 Sucrose	0.648 **	0.53 **	0.042	-0.085

注:**表示显著性水平为 0.01。

Note: ** means significant difference at 0.01 level.

3 结论与讨论

叶面喷施沼液能提高苹果树产量,增产率最高可达 13.7%;能增加果实内维生素 C、可溶性总糖和可滴定酸含量,提高果实的果形指数,降低果实硬度,从而优化果实品质,以体积分数为 75% 的沼液进行叶面喷施效果最佳。

蔗糖是苹果果实中糖卸载的一种重要的形式,并在品质形成有关代谢中起着重要作用^[10]。糖代谢是一个复杂的过程,受多种代谢酶调控,不同果实中蔗糖代谢酶在蔗糖积累中的作用存在差异。转化酶(AI、NI)催化蔗糖分解为葡萄糖和果糖,有研究表明,随着蔗糖的积累转化酶活性迅速

下降^[11]。该试验的结果显示,在苹果果实成熟过程中 AI、NI 活性变化较大,总体呈先上升后下降的趋势。高活性的转化酶主要为快速生长的组织提供己糖作为碳源,随着果实的成熟和蔗糖的积累,转化酶活性逐渐下降,以减少对蔗糖的分解,可见转化酶活性的降低是蔗糖贮藏的一个首要条件。不同时期叶面喷施沼液对 AI 和 NI 活性的影响不同,在这 2 种酶活性处于峰值时,喷肥处理酶活性明显低于对照处理,说明此阶段喷施沼液能有效降低转化酶活性,减少对蔗糖的分解。

蔗糖合成酶可以催化蔗糖的合成和分解,保持蔗糖的浓度梯度,以影响果实中糖分的积累^[12]。该试验研究表明,在果实成熟后期,SS 活

性逐渐升高,经分析其活性与蔗糖积累存在极显著相关性,这与陈美霞等^[13]在杏果实上的研究结果一致,说明 SS 是蔗糖积累的关键酶。齐红岩等^[14]对番茄的研究中也发现,在番茄生长发育过程中,蔗糖的含量增加与 SS 活性呈显著的正相关,其相关系数可达 0.89。蔗糖磷酸合成酶活性可以反应蔗糖合成的能力,其活性大小决定蔗糖的含量。赵智中等^[15]研究表明,进入着色期果实中蔗糖的迅速积累与蔗糖磷酸合成酶活性升高相一致。该研究得出,苹果成熟过程中,SPS 活性呈先上升后稍有下降的趋势,总体上升趋势,与蔗糖含量呈极显著正相关,这与常尚连等^[16]在西瓜上的研究结果一致。在乔永旭^[17]对甜瓜的研究中也发现,在成熟和完熟的甜瓜果实中 SPS 活性显著提高,SPS 在甜瓜果实蔗糖合成中起重要作用。所以,在苹果果实成熟过程中,果实蔗糖积累主要受 SS 和 SPS 调控,是蔗糖代谢的关键酶,与刘燕等^[18]在鲜黄梨上的研究结果一致。该研究还发现,叶面喷施沼液能在果实成熟期提高 SS 和 SPS 活性,促进蔗糖合成代谢过程,此时期喷施沼液能有效提高苹果果实内蔗糖含量,改善果实品质。

参考文献

- [1] 苏柳芸,申毅,李景军,等.施用沼肥对提高果树产量和品质的效果试验[J].山西果树,2016(3):12-14.
- [2] 柴仲平,王雪梅,孙霞,等.施用沼肥对枣树长势与产量的影响[J].中国沼气,2012(4):48-51.
- [3] 冯仕喜,文西强,王宏飞,等.施用沼液对早熟蜜橘产量及品质的影响[J].农技服务,2011(12):1682.
- [4] 田维敏,王安洪.沼肥不同用量对梨树产量及品质的影响[J].农技服务,2010(8):996-1006.
- [5] 杨顺强,罗家刚,吴银梅,等.沼肥和化肥配合施用对苹果品质的影响[J].河南农业科学,2013(1):63-66.
- [6] 王伟楠,任广鑫,杨改河,等.叶面喷施沼肥对杏树果实品质的影响研究[J].西北农业学报,2008,17(2):132-136.
- [7] 冯晓敏,王文科,景小元,等.木炭施用对小麦幼苗叶片中蔗糖酶活性的影响[J].山西师范大学学报(自然科学版),2010,24(2):70-73.
- [8] 汤章城.现代植物生理学实验指南[M].北京:科学出版社,1999.
- [9] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [10] 王永章,张大鹏.‘红富士’苹果果实蔗糖代谢与酸性转化酶和蔗糖合酶关系的研究[J].园艺学报,2001,28(3):259-261.
- [11] 潘秋红,张大鹏.植物转化酶的种类、特性与功能[J].植物生理学通讯,2004,40(3):275-280.
- [12] 王君,李磊,谢冰,等.采后黄冠梨果实糖代谢及相关酶活性变化规律[J].食品科学,2010,31(18):390-393.
- [13] 陈美霞,赵从凯,陈学森,等.杏果实发育过程中糖积累与蔗糖代谢相关酶的关系[J].果树学报,2009,26(3):320-324.
- [14] 齐红岩,李天来,刘海涛,等.番茄不同部位中糖含量和相关酶活性的研究[J].园艺学报,2005,32(2):239-243.
- [15] 赵智中,张上隆,徐昌杰,等.蔗糖代谢相关酶在温州蜜柑果实糖积累中的作用[J].园艺学报,2001,25(2):112-118.
- [16] 常尚连,于贤昌,于喜艳.西瓜果实发育过程中糖分积累与相关酶活性的变化[J].西北农业学报,2006,15(3):138-141.
- [17] 乔永旭.甜瓜果实蔗糖代谢酶的提取及酶与糖积累的关系研究[D].晋中:山西农业大学,2004.
- [18] 刘燕,汪志辉,熊碧玲,等.鲜黄梨不同树形果实糖分积累与蔗糖代谢相关酶活性研究[J].中国果树,2011(2):10-13.

Effect of Spraying Biogas Slurry on Apple Yield, Quality and Sucrose Metabolism Enzyme Activity

CHEN Jianwei^{1,2}, JIA Liangliang^{2,3}, ZHAO Jingqi^{2,3}, WANG Yanbo^{2,3}, REN Guangxin^{2,3}, YANG Gaihe^{2,3}

(1. College of Forestry, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Research Center of Recycle Agricultural Engineering and Technology of Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100; 3. College of Agronomy, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Short shoot ‘Fuji’ apple was taken as the test materials, the effect of different volume fraction of biogas slurry spraying on the leaf on apple production quality and sucrose metabolism related enzyme activity in the course of mature were studied. The results showed that, biogas slurry spraying volume fraction of 75%, increased the fruit vitamin C, soluble sugar and titratable acid content and fruit shape index, improved the apple fruit quality, improved the production of apple, and

doi:10.11937/bfyy.20170861

蓝莓果实潜伏侵染病原真菌的分离与鉴定

秦士维, 夏秀英, 安利佳

(大连理工大学 生命科学与技术学院, 辽宁 大连 116024)

摘要:以辽宁省蓝莓鲜果为试材,采用组织分离法分离潜伏侵染果实的病原真菌,通过形态学和分子生物学方法,对病原菌进行分类鉴定,研究了真菌的潜伏侵染状况,为指导蓝莓果实病害防治提供参考依据。结果表明:辽宁省蓝莓果实普遍存在真菌潜伏侵染现象,不同品种带菌率存在差异,‘M7’带菌率较高,“布里吉塔”“爱国者”“奥尼尔”和“南好”带菌率较低。从8个蓝莓品种中共分离鉴定出9种潜伏病原真菌,分别为互隔交链孢霉(*Alternaria alternata*)、细极链格孢菌(*Alternaria tenuissima*)、芽枝霉属(*Cladosporium* sp.)、灰葡萄孢菌(*Botrytis cinerea*)、黑曲霉(*Aspergillus niger*)、嗜松青霉(*Penicillium pinophilum*)、茎点霉属(*Phoma* sp.)、毛壳属(*Chaetomium* sp.)和镰刀菌属(*Fusarium* sp.)。其中,互隔交链孢霉(*Alternaria alternata*)可在多个品种中分离,为蓝莓果实主要潜伏侵染病原真菌。另外,从蓝莓果实中分离到一株葡萄有孢汉逊酵母(*Hanseniaspora uvarum*),该酵母对互隔交链孢霉具有良好的抑制作用。

关键词:蓝莓;潜伏侵染;病原真菌;分离;鉴定

中图分类号:S 436.639 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)18-0041-08

蓝莓(*Vaccinium* spp.)属杜鹃花科越橘属小浆果类果树^[1],又名越橘,蓝莓果实风味独特,富含花青素、抗坏血酸、酚类、鞣质等成分^[2],具有抗

衰老和抗氧化损伤^[3]、预防泌尿系统感染和癌症等医疗保健功效^[4]。近年来,蓝莓在世界范围内的栽培面积不断扩大,截至2015年,我国蓝莓栽培面积达31 210 hm²,总产量达43 244 t^[5]。作为新兴果品,蓝莓鲜果消费量持续增加,售价也较高,具有广阔的市场前景和巨大的经济效益。蓝莓果实皮薄肉软,含水量高,且存在明显的果蒂痕,极易发生微生物侵染,引起果实腐烂及品质变

第一作者简介:秦士维(1991-),男,硕士研究生,研究方向为植物真菌病害。E-mail:860758110@qq.com

责任作者:夏秀英(1972-),女,博士,副教授,研究方向为植物生理与分子生物学。E-mail:xx47@dlut.edu.cn

收稿日期:2017-04-11

controlled neither spray water or spray fertilizer production rate was the highest, reached to 13.7%, which could increase 44.5 kg per 667 m². During the later ripe, the spray fertilizer treatment of sucrose synthase and sucrose phosphate synthase were higher than CK, with the biogas slurry spraying volume fraction increasing, sucrose content increased; sucrose content and the activity of sucrose synthase and sucrose phosphate synthase were extremely significant positive correlated, the correlation coefficient was 0.648, 0.530 ($P < 0.01$), on the basis of that, the synthesis of sucrose in the process of mature of ‘Fuji’ apples might be mainly regulated by sucrose synthase and sucrose phosphate synthase. And spraying biogas slurry on the leaf could increase its activity in the late mature, thus improved the sucrose content in apple fruit.

Keywords: biogas slurry; apple; yield; quality; invertase activity