

不同施钙量对温室番茄光合特性和产量及脐腐病发生率的影响

丁富功^{1,2}, 陈会丽¹, 卢奕霏¹, 徐锐¹, 周宾寒¹, 陈婧¹, 杨竹¹, 陈叶², 张迎新¹, 方正武¹, 王书平^{1*}

(1. 长江大学农学院/主要粮食作物产业化湖北省协同创新中心, 湖北 荆州 434025; 2. 河西学院农业与生态工程学院, 甘肃 张掖 734000)

摘要:本研究以“金福莱”番茄为试材,通过喷施不同浓度(0、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%)的外源氯化钙,研究外源钙肥对番茄植株生长、产量和脐腐病的影响。结果表明:喷施外源氯化钙可以提高番茄的光合速率和蒸腾速率,从而使番茄的株高、茎粗、最大叶长、最大叶宽、最大叶面积、叶绿素含量、单果重量、单株结果数和单株产量均显著增加,进而提高小区产量和折合667 m²产量,同时降低脐腐病的发病率。采用0.2%氯化钙处理的番茄形态指标、生理指标和产量均明显高于其他浓度处理,且番茄果实脐腐病的发病率最低。

关键词:温室番茄;外源钙肥;氯化钙;光合特性;产量;脐腐病

中图分类号:S641.2

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2023)04-0073-05

Effects of Different Calcium Dosage on Photosynthetic Characteristics, Yield and Incidence of Umbilical Rot in Greenhouse Tomatoes

DING Fugong^{1,2}, CHEN Huili¹, LU Yifei¹, XU Rui¹, ZHOU Binhan¹, CHEN Jing¹, YANG Zhu¹, CHEN Ye², ZHANG Yingxin¹, FANG Zhengwu¹, WANG Shuping^{1*}

(1. College of Agriculture Yangtze University/Hubei Center for Collaborative Innovation of Grain Industry, Jingzhou 434025; 2. College of Agriculture and Ecological Engineering, Hexi University, Zhangye 734000, China)

Abstract: In this study, the Jinfulai tomato was used as the test material, the effects of exogenous calcium fertilizer on tomato plant growth, yield and umbilical rot were studied by spraying exogenous calcium chloride at different concentrations (CK, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%). The results showed that the spraying exogenous calcium chloride can improve the photosynthetic rate and transpiration rate of tomatoes, so make the tomato plant height, stem diameter, maximum leaf length, maximum leaf width, leaf area, chlorophyll content, single fruit weight per plant, fruit numbers and yield were significantly increased. Additionally, it improved plot yield and per-mu yield while reducing the incidence of umbilical rot. Notably, tomatoes treated with 0.2% calcium chloride exhibited the highest morphological index, physiological index, and yield compared to other concentrations, with the lowest incidence of umbilical rot observed in this group.

Key words: Greenhouse tomatoes; External recourse; Calcium chloride; Photosynthetic properties; Yield; Blossom-end rot

番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.)是茄科茄属番茄亚属的多年生草本植物,又称西红柿,原

产南美洲,果实营养丰富、味美多汁,具有一定的药用价值,是一种典型的喜温性蔬菜作物^[1-2]。由于它独特的风味和较高的营养价值,目前已成为蔬菜栽培中的主栽品种。我国蔬菜产业迅猛发展,低温冷害是导致番茄正常生长发育受阻、影响其品质和产量下降的重要因素之一^[3]。日光温室番茄生产可有效改善低温冷害对番茄的损伤且已成为农民增收、农业增效和农村经济繁荣的一大支柱产业^[4]。但近年来,由于日光温室种植品

收稿日期:2020-03-02

基金项目:湖北省科学技术重大创新专项(2018ABA085);长江青年科技创新团队基金项目(7011802111);长江大学博士启动基金项目(801180010145)

作者简介:丁富功(1995-),男,博士,研究方向为作物遗传育种。

通讯作者:王书平,男,博士,副教授,E-mail: wangshuping2003@126.com

种单一、土壤连作严重和栽培管理不当等原因,引起酸性和砂质土壤本身的钙化合物溶解度偏低,土壤因缺钙而导致番茄脐腐病的发生,严重影响了番茄的产量与品质,现已成为制约设施番茄实现高产优质的障碍因子^[5]。

脐腐病是番茄生产中因缺钙而诱发的一种生理性病害,主要发生在幼果上,发病初期在番茄脐部出现水浸状病斑,而后逐步扩大,导致果实出现凹陷,颜色变褐,呈现出干腐状,发病后期被霉菌寄生的果实会出现腐烂,严重时可扩散至小半个果实,病果因发育停滞而提前成熟即变红脱落;这对番茄品质影响极大,严重时可能造成50%以上的产量损失^[6]。已有研究表明,钙离子(Ca^{2+})是一种重要的第二信使,参与调节植物的生长发育和对环境的适应^[7]。当番茄果实缺钙时,容易发生脐腐病,而番茄一旦感染了脐腐病,则完全失去商品价值,将造成巨大的经济损失^[8]。黄守程等^[9]以番茄品种‘合作908’幼苗为材料,研究得出硝酸钙胁迫导致番茄幼苗的株高、茎粗、鲜重、地上和地下部干重显著降低,叶片SOD、POD、CAT活性减弱,净光合速率、气孔导度、蒸腾速率以及胞间 CO_2 浓度均显著下降,而MDA含量和质膜透性显著升高。李美宁等^[10]在不同施钙措施对加工番茄脐腐病发生率及产量品质的影响研究中发现,喷施氯化钙的番茄单株果枝数、单个果枝果数、单株果数、单果重和产量等均有所增加。邓芳^[11]研究表明在番茄叶面喷施0.18%的氯化钙能显著提高番茄的产量。目前国外学者认为,引起番茄脐腐病的原因主要包括水分、 NH_4^+ 浓度、外界环境因素、番茄品质及钙素亏缺等^[12-15]。而有关钙肥在预防番茄脐腐病发生方面的研究尚缺乏系统报道。本研究立足甘肃河西走廊日光温室番茄生产,研究叶面喷施不同浓度钙肥(氯化钙)对番茄叶绿素含量、形态指标、光合特性、产量和脐腐病发生率的影响,探究在甘肃河西地区温室叶面喷施钙肥的适宜浓度,旨在为番茄实现高产优质提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试番茄品种为“金福莱”,由张掖市绿之源农业发展有限公司提供。无水氯化钙由天津永晟精细化工有限公司出品。试验于2018年4月至11月在甘肃省张掖市甘州区河西学院农业与生物技术学院实验基地1号日光温室进行,日光温室主要由围护墙体、后屋面和前屋面三部分组

成,简称日光温室的“三要素”,其中前屋面是温室的全部采光面,白天采光时段前屋面只覆盖塑料膜采光,当室外光照减弱时,及时用活动保温被覆盖塑料膜,以加强温室的保温。日光温室长50 m,跨度9 m,脊高4.5 m,墙体厚度为60 cm的空心墙,东西走向,坐北朝南,土壤为沙壤土。

1.2 试验设计

采用单因素完全随机试验设计,设6个处理:CK(蒸馏水)、 A_1 (0.1% CaCl_2)、 A_2 (0.2% CaCl_2)、 A_3 (0.3% CaCl_2)、 A_4 (0.4% CaCl_2)、 A_5 (0.5% CaCl_2),每个处理设3次重复。种植小区为垄区,长9 m,宽1.2 m,小区面积10.8 m^2 ,垄高20 cm,垄宽80 cm,垄沟宽40 cm,行距30 cm,株距35 cm。于2019年4月25日育苗,6月13日定植,6月30日吊蔓,11月18日拉秧,采用单干整枝的修剪方式,定植前各处理施入腐熟的有机肥22.5 t/hm^2 ,尿素425 kg/hm^2 ,过磷酸钙750 kg/hm^2 ,其他田间管理正常进行。

试验于7月11日番茄结果初期进行钙肥叶面喷施,每隔一周喷施一次,共喷施3次,对各处理的枝叶片背面进行喷施,直到叶片沾湿刚要下滴为止,并保证喷施充分、均匀;8月23日对标记的番茄植株进行形态指标测定;8月26日对标记的番茄植株进行生理指标测定;9月30日开始采收至11月18日采收结束,共3次,累加计产。

1.3 番茄形态指标的测定

在番茄生长旺盛期(8月23日),各处理随机标记6株,测定株高、茎粗、最大叶片长度、最大叶片宽度并计算最大叶片叶面积。株高:用米尺测量,测量高度以地面至生长点的高度为准;茎粗:植株第二片叶以上1 cm为准,用游标卡尺测量;最大叶片长度与宽度:选取被标记植株上生长最佳的一片叶用钢尺测定其长度与宽度;叶面积:根据长和宽计算叶面积(叶面积=叶长 $\times$ 叶宽 $\times 0.75$)^[16]。对所测量的结果取平均数,以减小误差。

1.4 番茄生理指标的测定

在番茄生长旺盛期(8月26日),对不同处理的标记植株采用日产便携式SPAD-502叶绿素测定仪夹取叶片直接测定SPAD值。叶绿素含量绝对值用叶绿素含量 $Y(\text{mg}/\text{dm}^2)$ 与SPAD值为对应公式 $Y=0.197X+4.27$ 计算得出^[17]。用上海旦鼎国际贸易有限公司的TPS-2光合仪于晴天9:00~11:00进行净光合速率(P_n)和蒸腾速率(E_{vap})的测定,测定叶位为生长点以下的第3片叶^[18]。

1.5 番茄产量的测定和脐腐病的调查统计

各处理每株采收分别单独记录产量,番茄的

产量构成因素主要由单果重量、单株结果数、单株产量、小区产量等组成。小区产量=(小区面积÷单株面积)×单株产量、折合 667 m²产量=(667 m²÷小区面积)×小区产量^[9];采收期每处理随机抽取 50 株番茄植株,统计脐腐病发病株数,根据发病株数计算脐腐病的发生率。

1.6 数据处理

采用 Excel 2016 进行数据整理和作图,利用 SPSS 22 统计软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 喷施不同浓度氯化钙对番茄形态指标的影响

由表 1 可知,不同处理间呈现一定差异,其中 A₂处理的番茄在株高、茎粗、最大叶片长度、最大叶片宽度和最大叶面积等形态指标上最高,分别为 224.33 cm、5.47 cm、20.87 cm、12.23 cm 和 191.36 cm²,明显高于其他各处理;同时,A₂处理与 CK 相比,其株高、茎粗、最大叶片长度、最大叶片宽度和

表 1 喷施不同浓度氯化钙的番茄形态指标

处理	株高(cm)	茎粗(cm)	最大叶长(cm)	最大叶宽(cm)	最大叶面积(cm ²)
CK	181.00±26.29b	4.63±0.25bc	18.90±0.96ab	10.93±0.45bc	154.78±3.21bc
A ₁	201.33±9.50ab	5.13±0.32ab	19.20±2.78ab	11.60±0.40ab	167.00±24.49b
A ₂	224.33±8.02a	5.47±0.50a	20.87±0.35a	12.23±0.74a	191.36±9.72a
A ₃	194.67±5.03ab	4.70±0.44bc	18.93±1.45ab	9.33±0.46d	132.72±14.83cd
A ₄	221.00±20.00a	5.13±0.32ab	18.00±0.87b	10.03±0.85cd	135.13±6.48cd
A ₅	145.67±18.77c	4.40±0.35c	17.33±0.76b	9.03±0.75d	117.16±4.90d

注:表中同列不同小写字母表示差异达 5% 显著水平,下同

最大叶面积分别是 CK 的 1.24 倍、1.18 倍、1.11 倍、1.12 倍和 1.24 倍。表明 A₂处理的喷施浓度最适宜番茄的生长,且叶面喷施氯化钙对番茄地上部分的生长具有促进作用,能显著增加植株的高度,使植株茎干粗壮叶片增大,进而达到增产的目的。

2.2 喷施不同浓度氯化钙对番茄叶绿素含量的影响

由图 1 可知,叶绿素含量随着钙喷施浓度的增加呈“先升高后降低”的趋势。CK 至 A₂处理叶绿素含量呈上升趋势,而 A₃至 A₅各处理浓度叶绿素含量均呈现不同程度的下降趋势;并且在 5 个处理中以 A₂处理番茄的叶绿素含量最高,为 39.53 mg/dm²,是 CK 的 1.4 倍($P<0.05$),其他各处理间差异不显著。在本研究中,A₂处理番茄的叶绿素含量高于 CK 与其他处理,说明叶面喷施氯化钙最适宜浓度为 0.2%,并且该处理下番茄长势强,叶片肥厚呈深绿,植株生长健壮。

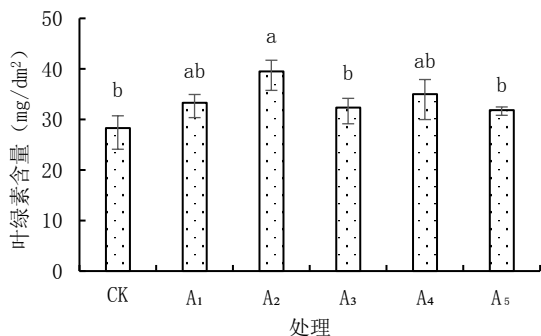


图 1 喷施不同浓度氯化钙对番茄叶绿素含量的影响

2.3 喷施不同浓度氯化钙对番茄光合特性的影响

由图 2 可知,A₂处理的光合速率最高,为 5.9 μmol CO₂/(m²·s),是 CK 的 1.98 倍($P<0.05$),而其他各处理间差异不显著,表明 A₂处理的番茄植株能保持较高的光合速率,并使该处理下番茄植株同化物合成速率高于其他处理。光照强度对蒸腾速率具有显著影响,在一定光照范围内蒸腾速率随光照强度的升高而逐渐增大,超过一定的光照强度后蒸腾速率呈现出下降趋势。

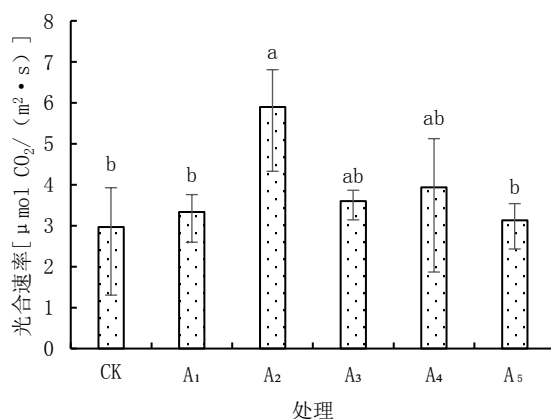


图 2 喷施不同浓度氯化钙对番茄光合速率的影响

由图 3 可知,A₂处理的蒸腾速率最大,为 3.06 mmol/(m²·s),是 CK 的 2.28 倍($P<0.05$),CK 与其他处理间无显著性差异。表明 A₂处理对番茄的光合作用和蒸腾作用具有积极的促进作用,因此 0.2% 的氯化钙浓度是番茄生长的最适浓度。

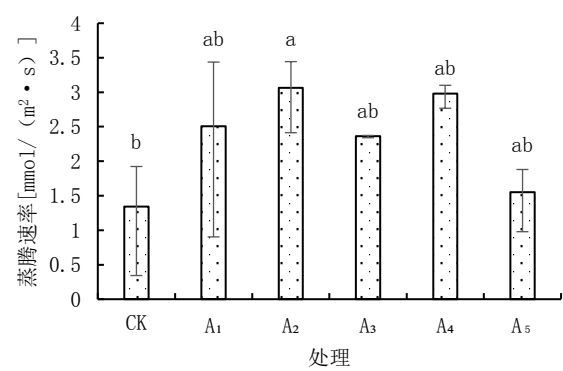


图3 喷施不同浓度氯化钙对番茄蒸腾速率的影响

2.4 喷施不同浓度氯化钙对番茄成产因素及产量的影响

由表2可知,A₂处理在单果重量、单株结果数、单株产量、小区产量和折合667 m²产量均高于其他处理,分别是对照的1.36倍、1.41倍、1.32倍、1.32倍和1.32倍($P<0.05$),各处理的折合667 m²产量高低顺序为A₂>A₄>A₃>A₅>A₁>CK。表明叶面喷施氯化钙对番茄单果重量、单株结果数、单株产量、小区产量和折合667 m²产量均有一定的影响,且叶面喷施氯化钙是影响番茄产量的主要因素之一。

表2 喷施不同浓度氯化钙的番茄成产因素及产量

处理	单果重量(g)	单株结果数(个)	单株产量(kg)	小区产量(kg)	折合667 m ² 产量(kg)
CK	159.06±32.73c	13.00±1.00d	2.25±0.33c	99.15±14.36c	6 147.09±890.51c
A ₁	170.13±5.04bc	15.33±0.57c	2.45±0.09bc	107.59±4.14bc	6 670.87±256.51bc
A ₂	217.34±37.08a	18.33±1.15a	2.98±0.43a	131.09±18.93a	8 127.62±1173.93a
A ₃	197.22±17.90abc	16.00±1.00bc	2.74±0.22ab	120.35±9.77abc	7 461.99±605.77abc
A ₄	203.69±4.13ab	17.33±0.58ab	2.87±0.07bab	124.43±10.02ab	7 714.784±621.50ab
A ₅	182.49±16.80abc	14.33±0.58c	2.53±0.07abc	111.39±3.29abc	6 906.39±203.68abc

2.5 喷施不同浓度氯化钙对番茄果实脐腐病发生的影响

由表3可知,喷施氯化钙处理A₁、A₂、A₃、A₄和A₅脐腐病的发病株数分别比CK减少了1株、4株、3株、3株和2株,各处理与CK相比发病率均明显降低,因此叶面喷施氯化钙能降低番茄脐腐病的发病率,这表明叶面喷施氯化钙对番茄脐腐病的发生具有一定的防治作用。此外,各处理脐腐病发病率的高低为CK>A₁>A₅>A₃>A₄>A₂,可以看出CK的番茄脐腐病发病率最高,而喷施浓度为0.2% CaCl₂(A₂处理)的番茄脐腐病发病率最低,由此表明喷施浓度为0.2%氯化钙能有效降低番茄果实脐腐病发病率。

表3 喷施不同浓度氯化钙的番茄脐腐病发病率

处理	调查总株数(株)	发病株数(株)	发病率(%)
CK	50	5	10
A ₁	50	4	8
A ₂	50	1	2
A ₃	50	2	4
A ₄	50	2	4
A ₅	50	3	6

3 讨论与结论

钙是番茄生长过程中必需的营养元素,番茄从花期起直至成熟期对钙的吸收均呈现上升趋势,

吸收高峰期出现在花期、盛果期和果实膨大期^[20]。果实的优劣、产量的高低、商品性能的好坏等都是营养供应和生殖均衡的外在体现。番茄的生殖生长是在营养生长的基础上进行的,其发育转变必须有一定的营养生长作为物质基础^[21]。已有研究发现^[11],喷施0.18 g/L的氯化钙可提高番茄在盛花期、盛果期和成熟期叶片的钙含量和镁含量。因此,本研究中,在番茄生长旺盛期(8月23日)随机标记了各处理组并测定了番茄的株高、茎粗、最大叶片长度、最大叶片宽度各形态指标。结果显示,在不同浓度的氯化钙处理中,喷施0.2% CaCl₂(A₂处理)的番茄在株高、茎粗、最大叶片长度、最大叶片宽度和最大叶面积等指标均达到最高。

叶绿素是绿色植物进行光合作用的主要色素,其含量多少在一定程度上反映光合作用水平,叶绿素含量的高低直接影响叶片光合作用能力的强弱^[22-24]。邓芳^[11]研究表明氨基酸螯合钙、EDTA-钙和氯化钙处理的番茄叶绿素(叶绿素a、叶绿素b和类胡萝卜素)含量均随着钙喷施浓度的增加呈先升高后降低的趋势。本研究亦得出了相同的结论,即番茄叶绿素的含量随着氯化钙喷施浓度的增加呈“升高-降低”趋势。植物光合速率的高低可反映植物光合能力的强弱,也可反映植物营养状况的好坏^[25]。本研究结果表明,不同

施钙量对番茄光合特性产生不同的影响,番茄叶片的光合速率和蒸腾速率随着施钙量的增加呈现出“单峰型”曲线和不明显的“双峰型”曲线。其中,喷施0.2% CaCl_2 (A_2 处理)的番茄在叶绿素含量、光合速率和蒸腾速率的测定中均达到了峰值,且明显优于其他处理;由此可见,喷施0.2% CaCl_2 可以提高番茄的光合速率,从而达到番茄高产优质的目的。

研究表明,增施钙肥可以显著提高番茄果实中可溶性固形物的含量,同时提高番茄可溶性糖和维生素C含量,而且施入钙肥番茄单果重、小区果数、每亩产量均有提高^[26]。在本研究中,喷施氯化钙处理的番茄在产量和各成产因素等指标上显著优于对照,在各产量构成因素中以喷施0.2% CaCl_2 (A_2 处理)的番茄表现最佳,由此表明0.2%浓度的氯化钙叶面喷施可以有效增加番茄产量,提高番茄种植的经济效益。

在番茄结果期水分供应不足或供应不稳定、忽干忽湿的时候易发生脐腐病。另外,土壤缺钙或植株不能从土壤中吸收足够的钙元素都会导致幼果脐部细胞生理紊乱,失去控制水分的能力而发生脐腐病^[27]。鄢圣芝^[28]采用营养液栽培法研究表明,除在营养液中添加钙外,用含钙有机制剂进行叶面喷雾,可补充根系吸钙不足,对番茄脐腐病有良好的防治效果,证明果实中钙含量越高,脐腐病发生率越低。本研究中各处理脐腐病发病率的高低顺序为 $\text{CK} > A_1 > A_5 > A_3 > A_4 > A_2$,由此表明喷施氯化钙可以减轻脐腐病的发病率,且以 A_2 处理发病率最低。综上所述, A_2 处理对应的喷施浓度(0.2% CaCl_2)可以显著增加番茄叶片的叶绿素含量,提高其光合速率和蒸腾速率,使番茄营养生长增强,同时促进番茄的结果数增加,单果重和果实品质提高,还减轻了脐腐病的发病率,进一步达到了高产和增效的目的。

番茄植株的生长状况是提高产量的基础因素,本研究筛选出了最优的促进番茄植株生长的施用钙肥的最佳浓度(0.2% CaCl_2),可为日后番茄高产优质提供参考。但本研究仅限于日光温室栽培,不同氯化钙浓度处理对番茄在露天栽培环境下的影响还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 权建华,陈修斌,鄂利锋,等.番茄抗病育种研究概况及展望[J].蔬菜,2020(1):43-47.
- [2] 牛贞福,温凯,马海艳,等.适宜北方冬季日光温室长期

- 夜间亚低温番茄品种的筛选研究[J].吉林农业科学,2015,40(6):90-93.
- [3] 尹松松,赵婷婷,李景富,等.外源ABA对番茄幼苗抗冷性差异的研究[J].东北农业科学,2016,41(4):94-99.
- [4] 董文阁,欧勇,孟庆林.日光温室越冬番茄套作菜豆接越夏番茄栽培模式[J].东北农业科学,2019,44(1):49-51.
- [5] 陈黎明,邹明娟,张玲.番茄施用钙肥防治脐腐病效果的研究及动态[J].农业与技术,2007(5):75-76.
- [6] 倪韩燕,施兴.温室番茄脐腐病的发生与防治[J].上海蔬菜,2014(4):57-58.
- [7] 王丽萍,陈贵林.黄瓜苗期对缺钙胁迫的反应[J].吉林农业科学,2003,28(5):34-37.
- [8] 陈祖枝,陈竞楠,侯毛毛.国外关于番茄脐腐病形成原因的观点综述[J].中国园艺文摘,2017,33(9):77-82.
- [9] 黄守程,黄萍,陆晓民.硫酸钾对硝酸钙胁迫下番茄叶片抗氧化酶活性及光合性能的影响[J].西北植物学报,2015,35(9):1823-1828.
- [10] 李美宁,危常州,朱齐超,等.不同施钙措施对加工番茄脐腐病发生率及产量品质的影响[J].石河子大学学报(自然科学版),2013,31(2):133-136.
- [11] 邓芳.不同钙肥对几种蔬菜生长和品质效应的影响[D].武汉:华中农业大学,2015.
- [12] Taylor M D, Locascio S J, Alligood M R. Blossom end rot incidence of tomato as affected by irrigation quantity, calcium source, and reduced potassium[J]. Hortscience, 2004, 39(5): 1110-1115.
- [13] De Freitas S T, Handa a K, Wu Q, et al. Role of pectin methylesterases in cellular calcium distribution and blossom-end rot development in tomato fruit[J]. Plant Journal, 2012, 71(5): 824-835.
- [14] Li G J, Benoit F, Ceustermans N. Effects of environment factors on the occurrence of blossom-end rot in soilless cultured *Capsicum frutescens* var. *groszum*[J]. Zhejiang Daxue Xuebao (Nongye yu Shengming Kexue Ban), 2003, 29(5): 509.
- [15] Marcelis L F M, Ho L C. Blossom-end rot in relation to growth rate and calcium content in fruits of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.)[J]. Journal of Experimental Botany, 1999, 50(332): 357-363.
- [16] 申晓芳.不同钙、镁肥处理对番茄生长、产量和品质影响的研究[D].郑州:河南农业大学,2015.
- [17] 罗杰,谢宜勤,朱宗彦.不同基质对月季半成熟枝扦插繁殖的影响[J].安徽农业科学,2005(7):1211-1212,1283.
- [18] 徐龙超,依艳丽,周晓阳.钙、磷平衡对番茄光合作用特性及防御酶活性的影响[J].北方园艺,2013(9):190-193.
- [19] 吴慧,马微,吴默涵,等.喷施不同叶面肥对番茄产量和品质的影响[J].北方园艺,2015(9):154-157.
- [20] 蒋欣梅,董然,郑姗姗,等.不同性质钙肥施用对番茄产量及品质的影响[J].长江蔬菜,2015(20):77-79.
- [21] 吴慧锦.温室番茄营养与生殖均衡生长的调节[J].农业技术与装备,2014(6):22-23.
- [22] Croft H, Chen J M, Luo X, et al. Leaf chlorophyll content as a proxy for leaf photosynthetic capacity[J]. Glob Change Biology, 2017, 23(9): 3513-3524.

(下转第132页)

CK的1.14倍。

3 结 论

3.1 砧木对葡萄果皮花色苷含量的影响

通过对马瑟兰自根苗和嫁接苗果皮中花色苷含量的测定,研究抗性砧木101-14、3309、贝达对葡萄果皮花色苷组成与含量差异的影响。结果显示,马瑟兰嫁接到不同砧木(101-14、3309、贝达)上的葡萄果皮中花色苷含量均高于自根苗,与对照相比,3种砧木能显著增加果皮花色苷含量14.19%~92.33%,在所有砧木中,以3309为砧木的马瑟兰果皮中花青素含量和比例最高,3309能够显著增加果皮中二甲基花翠素-3-O-葡萄糖苷的含量,从而使3309的总花色苷含量明显高于CK和以101-14、贝达为砧木的马瑟兰嫁接苗。

3.2 砧木对葡萄果皮花色苷种类的影响

马瑟兰嫁接苗和自根苗果皮中都检测到14种花色苷,均未检测出花青素-3-O-葡萄糖苷,砧木嫁接马瑟兰并没有影响基本花色苷的种类。马瑟兰嫁接101-14、3309、贝达砧木后,葡萄果皮中酰化修饰类的花色苷相对含量均降低,许多研究认为酰化修饰在花色苷的稳定性方面起到重要作用^[118-19],马瑟兰嫁接苗葡萄果皮中酰化修饰类花色苷相对含量的减少可能会影响后续葡萄酒酿造中花色苷的稳定性。

参考文献:

- [1] 孙明霞,王宝增,范海,等.叶片中的花色苷及其对植物适应环境的意义[J].植物生理学报,2003,39(6):688-694.
- [2] Yang J, Martinson T E, Liu R H. Phytochemical profiles and antioxidant activities of wine grapes[J]. Food Chemistry, 2009, 116: 332-333.
- [3] 韩富亮,李杨,李记明,等.红葡萄酒花色苷结构和颜色的关系研究进展[J].食品与生物技术学报,2011,30(3):328-336.
- [4] Tanaka Y, Sasaki N, Ohmiya A. Biosynthesis of plant pigments:

Anthocyanins, betalains and carotenoids[J]. Plant Journal, 2008, 54(4): 733-749.

- [5] 赵益梅,梅源,杨博涵,等.调亏灌溉对“赤霞珠”葡萄及葡萄酒花色苷特性的影响[J].北方园艺,2019(16):29-37.
- [6] 马立娜.油菜素内酯和脱落酸调控葡萄果实成熟与花色苷合成的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2012.
- [7] 张雷.花穗整穗和套袋对葡萄花色苷组分及合成相关基因表达的影响[D].南京:南京农业大学,2014.
- [8] 俞信光,刘双双,冯亚斌,等.有机基质栽培对巨峰葡萄花色苷合成基因表达的影响[J].核农学报,2016,30(11):2133-2143.
- [9] 张彦芳.河西走廊不同产地美乐(Merlot)果实成熟期间及原酒中花色苷成分比较[D].兰州:甘肃农业大学,2015.
- [10] 张家荣.负载量及其调控方式对酿酒葡萄果实中花色苷的影响[D].济南:齐鲁工业大学,2013.
- [11] 王甜元,曲柏宏,孟义淳,等.套袋苹果解袋后果皮花色苷组分及含量的变化[J].东北农业科学,2020,45(1):35-38.
- [12] Serafino Suriano, Vittorio Alba, Domenico Di Gennaro, et al. Genotype/rootstocks effect on the expression of anthocyanins and flavans in grapes and wines of Greco Nero n. (*Vitis vinifera* L.)[J]. Scientia Horticulturae, 2016, 209: 309-315.
- [13] Gutiérrez-Gamboa Gastón, Gómez-Plaza Encarna, Bautista-Ortín Ana B, et al. Rootstock effects on grape anthocyanins, skin and seed proanthocyanidins and wine color and phenolic compounds from *Vitis vinifera* L. Merlot grapevines[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2019, 99(6): 2846-2854.
- [14] 乔宏宇,周艳丽,高红春.低温弱光对不同砧木甜瓜嫁接苗生理指标的影响[J].东北农业科学,2016,41(2):84-87.
- [15] 骆军,沈国军,王晓庆,等.不同砧木藤稷嫁接苗着色差异及相关酶活性影响[J].上海农业学报,2007,23(3):9-13.
- [16] 魏灵珠,程建徽,李琳,等. SO4 和贝达砧木对鄞红葡萄生长与果实品质的影响[J].中外葡萄与葡萄酒,2012(4):23-25.
- [17] 梁振昌.葡萄果皮花色苷构成特点、遗传规律及其在果实成熟过程中的变化[D].北京:中国科学院大学,2008.
- [18] Figueiredo P, George F, Tatsuzawa F, et al. New features of intramolecular copigmentation by acylated anthocyanins[J]. Phytochemistry, 1999, 51: 125-132.
- [19] Schwarz M, Winterhalter P. A novel synthetic route to substituted pyranoanthocyanins with unique colour properties[J]. Tetrahedron Letts, 2003, 44: 7583-7587.

(责任编辑:王昱)

(上接第77页)

- [23] 张艳玲,宋述尧,王艳,等.氮素营养对黄瓜生长发育及产量的影响[J].吉林农业科学,2008,33(1):43-46.
- [24] 秦立金,邱艳玲,王瑞,等.不同氮肥处理对辣椒生长与叶绿素含量的影响[J].赤峰学院学报,2015,31(7):12-13.
- [25] 朱荣,慕宇,康建宏,等.不同施氮量对花后高温春小麦叶绿素含量及荧光特性的影响[J].南方农业学报,2017,48(4):609-615.

- [26] 刘军丽,包婕,李建设,等.限根下不同施钙量对番茄品质、产量及养分的影响[J].西南农业学报,2019,32(10):2403-2411.
- [27] 齐莹莹.设施番茄生理病害防治技术[J].江西农业,2019(6):37.
- [28] 鄢圣芝.叶面喷钙对番茄脐腐病的防治研究[J].湖北农业科学,2000(4):45-47.

(责任编辑:刘洪霞)