

镧对嫁接西瓜叶片生理指标及产量和品质的影响

吴宇芬¹, 陈 晟²

(1 福建省农科院 良种研究中心, 福建 福州 350003; 2 福建农林大学 园艺学院, 福建 福州 350002)

【摘 要】 【目的】为稀土元素 La 在嫁接西瓜生产上的应用提供理论依据。【方法】采用 5 个质量浓度的 La(NO₃)₃ 溶液(0, 60, 120, 180, 240 mg/L), 于伸蔓期、始花期、膨瓜期各喷施嫁接西瓜叶面 1 次, 测定 3 个生长期嫁接西瓜叶片中超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)和抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性, 以及 Chl、Car 和 MDA 含量, 统计各处理的单株坐瓜数、单瓜重、产量和果实可溶性固形物含量, 研究 La³⁺ 对嫁接西瓜的光合色素、抗氧化系统以及产量和品质的影响。【结果】适宜质量浓度的 La³⁺ 有利于嫁接西瓜生长。与对照相比, 喷施 120 mg/L La(NO₃)₃ 溶液的嫁接西瓜, 膨瓜期叶片中 SOD、CAT 和 APX 活性以及 Chl 和类胡萝卜素含量分别提高了 104.83%, 14.28%, 22.29%, 29.93% 和 34.29%; POD 活性和 MDA 含量分别降低了 32.26% 和 19.34%; 产量提高了 10.43%。【结论】120 mg/L La(NO₃)₃ 为喷施嫁接西瓜的最适质量浓度。

【关键词】 嫁接西瓜; La; 生理指标; 产量; 品质

【中图分类号】 Q945.12; S651.01 【文献标识码】 A 【文章编号】 1671-9387(2008)09-0145-06

Effects of La on the yield, quality and physiological indicators
of grafted watermelon leaves

WU Yu-fen¹, CHEN Sheng²

(1 Fine Variety Research Centre, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350003, China;
2 College of Hort, Fujian Agric and Forestry Univ, Fuzhou, Fujian 350002, China)

Abstract: 【Objective】 The paper studied the application of rare earth element La in grafted watermelon production. 【Method】 Grafted watermelon on the foliage at straw period, incipient blooming period and fruit expansion period were sprayed with 0, 60, 120, 180 and 240 mg/L of La(NO₃)₃ solution, the activities of SOD, POD, CAT, APX and the contents of chlorophyll, carotenoids, MDA in grafted watermelon leaf at three growing periods were tested. Per plant fruit setting number, single fruit weight, yield and total soluble solids of each treatment were measured and studied. 【Result】 The optimum concentration of La³⁺ could promote the growth of grafted watermelon. Compared to the control, the activities of SOD, CAT, APX and the contents of chlorophyll, carotenoids in grafted watermelon leaf at fruit expansion period were increased by 104.83%, 14.28%, 22.29%, 29.93% and 34.29%; POD activity and MDA content decreased by 32.26% and 19.34%; the yield of grafted watermelon increased by 10.43%. 【Conclusion】 The above analysis shows that the most suitable concentration of La(NO₃)₃ is 120 mg/L.

Key words: grafted watermelon; La; physiological indicator; yield; quality

我国稀土资源极为丰富, 总储量居世界第一。 自 20 世纪 70 年代以来, 稀土肥料在我国已广泛应

* [收稿日期] 2007-10-11
[基金项目] 福建省科技厅闽台科技合作项目(2007I0037); 福州市科技局科技攻关项目(2006-k-112)
[作者简介] 吴宇芬(1965—), 女, 福建福州人, 副研究员, 主要从事西瓜、甜瓜及砧木新品种选育与栽培技术研究。
E-mail: wuyufen1965@163.com

用于农业生产,如在长白落叶松^[1]、小红萝卜^[2]、辣椒^[3-4]、大豆^[5]、花生^[6]、油菜^[7]等植物上已有应用研究报道。许多研究证明适宜质量浓度的稀土能促进植株生长,提高产量和品质,而当稀土质量浓度超过临界含量时,对植株生长具有抑制甚至毒害作用^[6-8]。由于稀土在植物应用上的作用机制较为复杂,不同植物所需最适质量浓度各不相同^[2-4],难以肉眼直接观察,因此有必要对此进行研究探讨。

西瓜(*Citrullus lantus* Mansfeld)是夏季水果之王,2006 年在我国种植面积已达 106 万 hm²。稀土在西瓜生产上的应用研究较少,稀土 La³⁺ 对嫁接西瓜生理活性的影响至今少见报道。本试验用不同质量浓度 La(NO₃)₃ 溶液喷施嫁接西瓜叶面,研究 La³⁺ 对嫁接西瓜光合色素、抗氧化系统以及产量和品质的影响,以期 La³⁺ 在嫁接西瓜生产上的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

供试西瓜品种为台湾引进的黑翡翠,砧木品种为“丰砧”^[9]。La³⁺ 采用 AR 级 La(NO₃)₃ · 6H₂O。

1.2 试验处理

试验于 2007 年在福建连江上周村进行,试验地属砂质壤土,pH 值 5.7,肥力中等;试验设 5 个处理 3 次重复,随机区组排列,每小区种植 20 株,行株距 210 cm×70 cm,每 hm² 定植 6 000 株;三蔓整枝,不选果自然坐瓜,其他管理同常规。于伸蔓期、始花期、膨瓜期分别用清水(CK)和不同质量浓度的 La(NO₃)₃ 溶液(60,120,180,240 mg/L)各喷施叶

面 1 次,每 hm² 喷施溶液 900 kg。

1.3 样品采集

每次喷施 La(NO₃)₃ 后的第 5 天,取各处理植株顶端生长点下第 5 片功能叶,每小区取样 3 株,重复 3 次。样品用液氮罐带回实验室,在-20 ℃低温冰箱中保存。

1.4 生理指标的测定

光合色素含量的测定采用 Lichtenthaler^[10] 的方法,超氧化物歧化酶(SOD)活性测定用 NBT 光还原法^[11],过氧化物酶(POD)活性测定用愈创木酚比色法^[11],抗坏血酸过氧化物酶(APX)和过氧化氢酶(CAT)活性测定采用 Chen 等^[12] 的方法,MDA 含量测定采用巴比妥酸显色法^[11]。

1.5 西瓜产量及果实品质的测定

采收时测定坐瓜数和小区产量;每小区随机取 3 个成熟果,手持测糖仪测定可溶性固形物含量。

2 结果与分析

2.1 La³⁺ 对不同生长期嫁接西瓜叶片光合色素含量的影响

2.1.1 叶绿素含量 表 1 显示,在 3 个生长时期,4 个质量浓度的 La³⁺ 处理均提高了嫁接西瓜叶片中叶绿素含量,其中伸蔓期、始花期 120 mg/L La³⁺ 处理嫁接西瓜叶片中叶绿素含量最高,分别较 CK 提高了 102.97% 和 52.53%;膨瓜期用 180 mg/L La³⁺ 处理的嫁接西瓜叶片中叶绿素含量最高,较 CK 提高了 41.97%,且差异均达到极显著水平。说明 La³⁺ 处理可显著提高嫁接西瓜叶片叶绿素含量,这与劳秀荣等^[6] 在花生上的研究结果一致。

表 1 La³⁺ 对不同生长期嫁接西瓜叶片中叶绿素含量的影响

Table 1 Effect of La³⁺ on chlorophyll content in grafted watermelon leaves in different growth periods mg/g

La(NO ₃) ₃ 质量浓度/ (mg · L ⁻¹) La(NO ₃) ₃ concentration	伸蔓期 Straw period			始花期 Incipient blooming period			膨瓜期 Fruit expansion period		
	叶绿素 a Chla	叶绿素 b Chlb	叶绿素 a+b Chl	叶绿素 a Chla	叶绿素 b Chlb	叶绿素 a+b Chl	叶绿素 a Chla	叶绿素 b Chlb	叶绿素 a+b Chl
0	0.79±0.03 c	0.22±0.02 b	1.01±0.01 c	1.44±0.03 c	0.54±0.02 b	1.98±0.01 b	2.03±0.01 d	0.71±0.03 c	2.74±0.04 d
60	0.99±0.14 bc	0.30±0.06 ab	1.29±0.21 bc	1.64±0.14 bc	0.62±0.12 ab	2.26±0.21 ab	2.40±0.08 bc	0.89±0.02 ab	3.29±0.07 bc
120	1.60±0.15 a	0.45±0.09 a	2.05±0.23 a	2.25±0.10 a	0.78±0.14 a	3.02±0.23 a	2.64±0.16 ab	0.92±0.06 a	3.56±0.22 b
180	1.43±0.05 ab	0.43±0.01 a	1.86±0.05 ab	2.08±0.04 ab	0.75±0.01 ab	2.83±0.05 ab	2.88±0.12 a	1.01±0.06 a	3.89±0.17 a
240	1.25±0.13 abc	0.42±0.05 a	1.67±0.18 abc	1.89±0.13 abc	0.69±0.12 ab	2.59±0.25 ab	2.18±0.14 cd	0.77±0.08 bc	2.94±0.17 cd

注:采用 LSD 检验,同列数据后标不同小写字母表示 $P<0.05$ 差异显著水平。下表同。

Note: Using LSD test, different small letters represent significant difference ($P<0.05$). The following tables are the same.

2.1.2 类胡萝卜素含量 表 2 显示,La³⁺ 处理提高了嫁接西瓜叶片中类胡萝卜素含量。在伸蔓期、始花期,用 120 mg/L La³⁺ 处理的嫁接西瓜叶片中类胡萝卜素含量最高,分别较 CK 提高了 85.00% 和

69.39%;膨瓜期用 180 mg/L La³⁺ 处理的嫁接西瓜叶片中类胡萝卜素含量最高,较 CK 提高了 35.71%,而膨瓜期用 240 mg/L La³⁺ 处理的嫁接西瓜,叶片中类胡萝卜素含量低于 CK,相当于 CK 含

量的 87.14%。

表 2 La³⁺ 对不同生长期嫁接西瓜叶片中类胡萝卜素含量的影响

Table 2 Effect of La ³⁺ on carotenoids content in grafted watermelon leaves in different growth periods				mg/g
La(NO ₃) ₃ 质量浓度/(mg·L ⁻¹) La(NO ₃) ₃ concentration	伸蔓期 Straw period	始花期 Incipient blooming period	膨瓜期 Fruit expansion period	
0	0.40±0.02 b	0.49±0.02 c	0.70±0.03 b	
60	0.43±0.07 ab	0.48±0.10 c	0.85±0.03 a	
120	0.74±0.14 a	0.83±0.14 a	0.94±0.03 a	
180	0.63±0.03 ab	0.72±0.03 ab	0.95±0.04 a	
240	0.57±0.02 ab	0.60±0.09 bc	0.61±0.10 b	

2.2 La³⁺ 对不同生长期嫁接西瓜叶片酶促抗氧化系统的影响

2.2.1 SOD 活性 表 3 表明,La³⁺ 处理均明显提高了嫁接西瓜叶片的 SOD 活性,在伸蔓期、始花期与膨瓜期,120 mg/L La³⁺ 处理的嫁接西瓜叶片

SOD 活性均最高,分别较 CK 提高了 76.91%,66.69%和 104.83%,差异达到极显著水平。虽然嫁接西瓜叶片的 SOD 活性在膨瓜期大幅度下降,但各质量浓度 La³⁺ 处理的叶片 SOD 活性下降幅度均小于 CK。

表 3 La³⁺ 对不同生长期嫁接西瓜叶片 SOD 活性的影响

Table 3 Effect of La ³⁺ on SOD activity in grafted watermelon leaves in different growth periods				U/g
La(NO ₃) ₃ 质量浓度/(mg·L ⁻¹) La(NO ₃) ₃ concentration	伸蔓期 Straw period	始花期 Incipient blooming period	膨瓜期 Fruit expansion period	
0	14.25±1.23 d	16.42±0.99 c	9.53±0.01 c	
60	18.96±1.23 c	22.13±2.41 b	15.04±0.25 b	
120	25.21±0.69 a	27.37±0.46 a	19.52±0.71 a	
180	23.00±0.92 ab	23.40±1.80 ab	16.63±0.20 b	
240	20.92±0.22 bc	22.04±1.35 b	10.31±1.48 c	

2.2.2 POD 活性 表 4 显示,La³⁺ 处理降低了嫁接西瓜叶片的 POD 活性,在伸蔓期、始花期和膨瓜期,用 120 mg/L La³⁺ 处理的嫁接西瓜叶片 POD 活性均最低,仅为 CK 的 65.86%,59.40%和 67.74%,差异达到极显著水平。POD 活性在逆境条件下快

速上升,此特性可用于判定金属离子对植物产生毒性的临界浓度^[7]。膨瓜期用 240 mg/L La³⁺ 处理的嫁接西瓜叶片 POD 活性上升为 CK 的 125.61%,说明此质量浓度的 La³⁺ 处理已对嫁接西瓜产生了毒害。

表 4 La³⁺ 对不同生长期嫁接西瓜叶片 POD 活性的影响

Table 4 Effect of La ³⁺ on POD activity in grafted watermelon leaves in different growth periods				U/g
La(NO ₃) ₃ 质量浓度/(mg·L ⁻¹) La(NO ₃) ₃ concentration	伸蔓期 Straw period	始花期 Incipient blooming period	膨瓜期 Fruit expansion period	
0	86.55±1.57 a	87.99±1.14 a	102.53±4.26 b	
60	71.30±1.46 bc	71.84±5.06 c	74.01±5.02 d	
120	57.00±2.31 d	58.21±3.61 d	69.45±1.72 d	
180	67.03±2.20 c	78.94±1.81 bc	81.87±3.81 c	
240	74.94±0.40 b	82.97±2.88 b	128.79±1.30 a	

2.2.3 CAT 活性 表 5 显示,在伸蔓期、始花期,各质量浓度 La³⁺ 处理均提高了嫁接西瓜叶片的 CAT 活性,而在膨瓜期高质量浓度 La³⁺ 处理嫁接西瓜叶片 CAT 活性降低。其中,在伸蔓期、始花期,240 mg/L La³⁺ 处理的嫁接西瓜叶片 CAT 活性分别为对照的 173.01%和 154.85%,在各处理中最高,而在膨瓜期此质量浓度 La³⁺ 处理的嫁接西瓜叶片 CAT 活性为各处理中最低,仅为对照的 63.57%。240 mg/L La³⁺ 处理的嫁接西瓜叶片 CAT 活性在生长前期较高,生长后期反而降低,这可能是

由于高质量浓度的 La³⁺ 处理对嫁接西瓜产生了毒害,导致嫁接西瓜自身的抗氧化防御系统启动,CAT 活性先应激上升,生长后期 La³⁺ 胁迫强度超过植株的忍受范围,CAT 活性随之下降。

2.2.4 APX 活性 表 6 显示,在伸蔓期、始花期、膨瓜期,120 mg/L La³⁺ 处理的嫁接西瓜叶片 APX 活性分别较对照高 21.96%,22.63%和 22.29%;在伸蔓期、始花期,240 mg/L La³⁺ 处理的嫁接西瓜叶片 APX 活性分别较对照高 66.72%和 154.85%,在各处理中最高,而在膨瓜期此质量浓度 La³⁺ 处理的

嫁接西瓜叶片 APX 活性为各处理中最低,仅为对照的 63.57%,差异达到极显著水平。La³⁺ 处理对嫁接西瓜叶片 APX 活性的影响与对 CAT 的影响相似,表现出适宜质量浓度的 La³⁺ 处理在 3 个生长时

期均稳定提高了叶片中的 APX 活性,而高质量浓度的 La³⁺ 处理使叶片中 APX 活性在生长前期应激上升,生长后期快速下降。

表 5 La³⁺ 对不同生长期嫁接西瓜叶片 CAT 活性的影响

Table 5 Effect of La ³⁺ on CAT activity in grafted watermelon leaves in different growth periods μmol/(g·s)			
La(NO ₃) ₃ 质量浓度/(mg·L ⁻¹) La(NO ₃) ₃ concentration	伸蔓期 Straw period	始花期 Incipient blooming period	膨瓜期 Fruit expansion period
0	0.226±0.009 d	0.237±0.007 c	0.140±0.004 c
60	0.272±0.012 c	0.268±0.007 c	0.160±0.071 b
120	0.306±0.009 bc	0.321±0.001 b	0.160±0.001 b
180	0.339±0.026 b	0.334±0.031 ab	0.168±0.011 a
240	0.391±0.013 a	0.367±0.021 a	0.089±0.006 d

表 6 La³⁺ 对不同生长期嫁接西瓜叶片 APX 活性的影响

Table 6 Effect of La ³⁺ on APX activity in grafted watermelon leaves in different growth periods μmol/(g·s)			
La(NO ₃) ₃ 质量浓度/(mg·L ⁻¹) La(NO ₃) ₃ concentration	伸蔓期 Straw period	始花期 Incipient blooming period	膨瓜期 Fruit expansion period
0	0.601±0.012 e	0.623±0.018 d	0.839±0.016 c
60	0.679±0.008 d	0.700±0.006 cd	0.914±0.018 b
120	0.733±0.011 c	0.764±0.024 c	1.026±0.018 a
180	0.828±0.010 b	0.878±0.058 b	0.876±0.036 bc
240	1.002±0.033 a	1.310±0.055 a	0.721±0.012 d

2.3 La³⁺ 对不同生长期嫁接西瓜叶片 MDA 含量的影响

由表 7 可以看出,与对照相比,在 3 个生长期时,适宜质量浓度的 La³⁺ 处理均降低了嫁接西瓜叶片的 MDA 含量。在伸蔓期、始花期、膨瓜期,120 mg/L La³⁺ 处理的嫁接西瓜叶片 MDA 含量分别仅为对照的 79.49%,85.43%和 80.66%;在伸蔓期和始花期,180 mg/L La³⁺ 处理的嫁接西瓜叶片 MDA 含量仅为对照的 78.03%和 82.58%,为各处理中最低,而在膨瓜期快速上升为对照的 97.93%,表明该质量浓度的 La³⁺ 处理已对嫁接西瓜膜系统产生了伤害。在膨瓜期,240 mg/L La³⁺ 处理的嫁接西瓜叶片 MDA 含量上升为对照的 112.37%,说明此质量浓度的 La³⁺ 超过了嫁接西瓜的忍受范围,已对嫁

接西瓜的细胞膜系统产生了严重伤害。

表 7 La³⁺ 对不同生长期嫁接西瓜叶片 MDA 含量的影响

Table 7 Effect of La ³⁺ on MDA content in grafted watermelon leaves in different growth periods nmol/g			
La(NO ₃) ₃ 质量浓度/(mg·L ⁻¹) La(NO ₃) ₃ concentration	伸蔓期 Straw period	始花期 Incipient blooming period	膨瓜期 Fruit expansion period
0	23.21±1.38 a	46.67±1.71 a	48.20±1.78 ab
60	20.87±1.30 ab	41.62±0.87 bc	45.32±5.74 bc
120	18.45±0.61 b	39.87±0.02 bc	38.88±2.96 c
180	18.11±1.26 b	38.54±1.20 c	47.20±7.77 abc
240	21.64±1.40 a	41.90±1.69 b	54.16±0.97 a

2.4 La³⁺ 对嫁接西瓜产量与果实品质的影响

La³⁺ 对嫁接西瓜产量和果实品质的影响结果见表 8。

表 8 La³⁺ 对嫁接西瓜产量与果实品质的影响

Table 8 Effect of La ³⁺ on the yield,quality of grafted watermelon						
La(NO ₃) ₃ 质量浓度/(mg·L ⁻¹) La(NO ₃) ₃ concentration	单株坐瓜数 Per plant fruit setting number	单瓜重/kg Single fruit weight	小区产量/kg Yield	折合产量/(kg·hm ⁻²) Conversion output	可溶性固形物含量/% Total soluble solids	
					中心 Centre	边缘 Edge
0	1.54 b	4.30 c	132.40 b	39 720	12.0 a	9.5 a
60	1.58 a	4.50 b	142.36 a	42 708	12.1 a	9.4 a
120	1.58 a	4.63 a	146.21 a	43 863	12.2 a	9.6 a
180	1.53 b	4.42 b	136.05 b	40 815	11.8 a	9.3 a
240	1.39 c	4.32 c	120.33 c	36 099	11.9 a	9.4 a

表 8 显示,La³⁺ 处理未明显提高嫁接西瓜的坐瓜数,高质量浓度的 La³⁺ 处理反而使坐瓜数降低,

240 mg/L La³⁺ 处理嫁接西瓜坐瓜数仅为对照的 90.26%。各 La³⁺ 处理对西瓜单瓜重均有不同程度

提高,120 mg/L La^{3+} 处理嫁接西瓜单瓜重较对照增加了 7.67%,效果最为明显。 La^{3+} 处理对西瓜产量的影响表现出低促高抑的特点,与对照相比,120 mg/L La^{3+} 处理嫁接西瓜产量提高了 10.43%,240 mg/L La^{3+} 处理嫁接西瓜产量却降低了 9.12%。 La^{3+} 处理对嫁接西瓜果实可溶性固形物含量的影响不明显,120 mg/L La^{3+} 处理仅使西瓜中心与边缘可溶性固形物含量较对照分别提高 0.2%和 0.1%,无显著差异。

3 讨 论

光合作用是高等植物生理活动的基础,叶绿素是光合作用的必要条件。在以大豆、菠菜和红叶石楠等为对象的研究中发现,稀土具有增加植物叶绿素含量,提高光合速率的作用^[5,13-14]。本试验表明,适宜质量浓度的 La^{3+} 能极大地提高嫁接西瓜的叶绿素含量,尤其在生长前期的提高幅度更为明显,这可能是因为 La^{3+} 具有促进植物生长的作用,使嫁接西瓜叶片尽快进入了成熟期。高质量浓度的 La^{3+} 处理使西瓜叶绿素含量在 3 个生长时期均高于对照,但类胡萝卜素含量在膨瓜期已低于对照,表明高质量浓度的 La^{3+} 处理在生长后期已对西瓜叶片光合色素产生了抑制作用。类胡萝卜素在叶绿体中合成积累,能猝灭三线态叶绿素,清除单线态氧,保护叶绿素。类胡萝卜素含量下降,可能是由于高质量浓度的 La^{3+} 已伤害到光合组织,使过剩的光能生成大量单线态氧,导致类胡萝卜素被消耗,进一步加剧了对叶绿素的伤害。

植物光合、呼吸、固氮等生长过程不可避免地会产生 ROS(活性氧),ROS 能启动膜脂过氧化并进一步形成低级氧化产物如丙二醛(MDA)等^[15]。MDA 对细胞质膜和细胞中的许多生物功能分子有极强的破坏作用,使细胞器膜的结构与功能紊乱,严重时将引起细胞死亡。抗氧化系统能及时清除 ROS,保护植物细胞膜系统,并与植物抗逆性相关。在玉米、花生和月季等植物上的研究发现,稀土对植物体的抗氧化系统有调节作用,并能提高植物抗逆性^[5-8,16-18]。曾青等^[7,19]在油菜上的试验表明, La 使植物体中 SOD、POD、CAT 活性上升,MDA 含量下降。本试验表明,适宜质量浓度的 La^{3+} 能提高西瓜叶片中 SOD、CAT 和 APX 的活性,降低 POD 活性与 MDA 含量,这与曾青等^[7,19]的研究结果不完全一致。POD 参与吡啶乙酸的氧化,其大小往往与植物的生长呈负相关^[20]。POD 活性降低,这可能是 La^{3+} 处

理能加快嫁接西瓜生长的原因之一。 La^{3+} 使嫁接西瓜叶片中 SOD、CAT 和 APX 活性提高,清除 ROS 并降低由此导致的 MDA 积累,有利于增强西瓜抗病性,减缓叶片衰老。因此,在 3 个不同生长期,CK 的 MDA 含量大都高于处理组。高质量浓度的 La^{3+} 在不同生长时期对西瓜叶片 CAT 和 APX 等的活性与对 MDA 含量的影响不同。这可能是由于 La^{3+} 能加快西瓜生长,西瓜在伸蔓期和始花期营养生长旺盛,高质量浓度的 La^{3+} 被“稀释”,提高了抗氧化酶的活性,降低了 MDA 含量,而在膨瓜期营养生长受到抑制,高质量浓度的 La^{3+} 对西瓜叶片产生毒害,抗氧化酶的活性受到抑制,进而导致了 MDA 的积累。

稀土在辣椒、小红萝卜和苜蓿等作物上的试验显示,适量施用稀土可提高作物的产量并改善其品质^[2-4,21-22]。本试验表明, La^{3+} 对西瓜产量与果实品质的影响表现出高抑低促的特点,适宜质量浓度的 La^{3+} 能提高坐瓜数与单瓜重,从而增加单位面积产量,并使果实品质略有提高;高质量浓度 La^{3+} 降低了坐瓜数与单位面积产量,对果实品质的影响不明显。结合本试验西瓜叶片光合色素与抗氧化系统的数据分析发现,西瓜叶片的生理指标与产量息息相关,这可能是因为抗氧化酶活性上升有利于保护叶片光合系统,光合色素的增加提升了光合能力,使得产生更多的光合产物,并转运到果实中,从而提高了可溶性固形物含量与单瓜重,进而提高了单位面积产量。根据本研究结果,以 120 mg/L La^{3+} 叶面喷施对西瓜生长及提高其产量与品质最有利,180 mg/L 以上质量浓度 La^{3+} 处理则会抑制西瓜生长,降低其产量和品质。

[参考文献]

- [1] 陈 平,王桂娟,李 娟.长白落叶松稀土浸种育苗效应的研究[J].吉林林业科技,2007,36(4):21-24.
Chen P, Wang G J, Li J. Seedling raising effect of *Larix olgensis* by immersing seed of lanthanon solution [J]. Jilin Forestry Science and Technology, 2007, 36(4): 21-24. (in Chinese)
- [2] 陈民生,赵京岚,李军祥,等.稀土对小红萝卜产量和品质的影响[J].安徽农业科学,2007,35(20):6196,6204.
Chen M S, Zhao J F, Li J X, et al. Effect of rare earth on yield and quality of red radish [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2007, 35(20): 6196, 6204. (in Chinese)
- [3] 段立珍,汪建飞,邢素芝.喷施稀土肥对辣椒产量和氮磷钾含量的影响[J].土壤通报,2007,38(3):613-615.
Duan L Z, Wang J F, Xing S Z. Effects of rare earth micro fertilizer on hot pepper yield and the content of nitrogen, phos-

phorus and potassium in the plant [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2007, 38(3): 613-615. (in Chinese)

[4] 陈正东, 周丽, 黄晓华, 等. 不同剂量稀土微肥与处理时间对大田辣椒产量的影响 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35(14): 4259, 4261.
Chen Z D, Zhou L, Huang X H, et al. Effect of rare earth micro fertilizer dosage and treatment time on field horseradish yield [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2007, 35(14): 4259, 4261. (in Chinese)

[5] 李靖梅, 梁蝉娟, 周青. 稀土铈对大豆幼苗光合作用影响 [J]. 中国油料作物学报, 2007, 29(1): 90-92.
Li J M, Liang C J, Zhou Q. Effect of cerium on photosynthesis in young soybean plants [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2007, 29(1): 90-92. (in Chinese)

[6] 劳秀荣, 王文祥, 郝艳如, 等. 外源稀土元素对花生增产效应的机理研究 [J]. 植物营养与肥料科学, 2002, 8(4): 473-477.
Lao X R, Wang W X, Hao Y R, et al. Mechanism of rare earth on the effect of increase yield of peanut [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2002, 8(4): 473-477. (in Chinese)

[7] 曾青, 朱建国, 谢祖彬, 等. 稀土元素 La 对油菜某些生理指标的影响及其临床浓度 [J]. 农村生态环境, 2001, 17(3): 26-29.
Zeng Q, Zhu J G, Xie Z B, et al. Mechanism of rare earth on the effect of increase yield of peanut [J]. Rural Eco-Environment, 2001, 17(3): 26-29. (in Chinese)

[8] 李永裕, 潘腾飞, 邱栋梁. 稀土元素对植物生物学作用机制的研究进展 [J]. 中国农学通报, 2005, 21(12): 217-221.
Li Y Y, Pan T F, Qiu D L. Advances of studies on the biological mechanism of rare earth elements in plants [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(12): 217-221. (in Chinese)

[9] 吴宇芬. 西瓜嫁接砧木新品种丰砧的选育和应用 [J]. 福建农业学报, 2006, 21(1): 54-58.
Wu Y F. Breeding and application of new watermelon graft stock variety Fengzhen [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2006, 21(1): 54-58. (in Chinese)

[10] Lichtenthaler H K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes [J]. Methods Enzymol, 1987, 148: 350-382.

[11] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 127-278.
Zhang Z L, Qu W Q. Plant physiology laboratory procedure [M]. Beijing: Higher Education Publishing House, 2003: 127-278. (in Chinese)

[12] Chen L I S, Qi Y I P, Liu X. Effects of aluminum on light energy utilization and photoprotective systems in citrus leaves [J]. Ann Bot, 2005, 96(1): 35-41.

[13] 洪法水, 魏正贵, 赵贵文, 等. 镧元素与菠菜体内叶绿素的作用关系 [J]. 中国科学: C 辑, 2001, 31(5): 392-400.
Hong F S, Wei Z G, Zhao G W, et al. Effect of La on chlorophyll of spinach [J]. Science in China: Series C, 2001, 31(5): 392-400. (in Chinese)

[14] 耿晓东, 文斌. 稀土对红叶石楠幼苗光合效率及相关生理特性的影响 [J]. 现代农业科技, 2007, 10: 12-13.
Geng X D, Wen B. Effect of rare earth elements on photosynthesis and biochemical indexes of young photinia glabra plants [J]. Modern Agriculture Science and Technology, 2007, 10: 12-13. (in Chinese)

[15] 尹永强, 胡建斌, 邓明军. 植物叶片抗氧化系统及其对逆境胁迫的响应研究进展 [J]. 中国农学通报, 2007, 23(1): 105-110.
Yin Y Q, Hu J B, Deng M J. Latest development of antioxidant system and responses to stress in plant leaves [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(1): 105-110. (in Chinese)

[16] 叶亚新, 金进, 王金虎, 等. 稀土镧对镉胁迫小麦遗传学防护效应的研究 [J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(3): 97-99.
Ye Y X, Jin J, Wang J H, et al. Genetic effects of Lanthanum on wheat seedlings under cadmium stress [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2007, 15(3): 97-99. (in Chinese)

[17] 刘冰, 杨丽, 周青. 稀土镧对镉胁迫下玉米幼苗生长的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(5): 125-127.
Liu B, Yang L, Zhou Q. Effect of La on corn seedling growth under Cd stress [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2007, 15(5): 125-127. (in Chinese)

[18] 陈蔚辉, 卢晓芳. 镧和钆对月季切花衰老的影响 [J]. 植物生理学通讯, 2006, 42(2): 239-241.
Chen W H, Lu X F. Effects of Lanthanum and samarium on senescence of cut rose (Rosa hybrida Hort.) flowers [J]. Plant Physiology Communications, 2006, 42(2): 239-241. (in Chinese)

[19] 曾青, 朱建国, 谢祖彬, 等. 镧对油菜抗病性相关酶活性的影响 [J]. 中国稀土学报, 2003, 21(3): 331-333.
Zeng Q, Zhu J G, Xie Z B, et al. Effect of Lanthanum on disease resistance-related enzymes of rape [J]. Journal of the Chinese Rare Earth Society, 2003, 21(3): 331-333. (in Chinese)

[20] 施木田, 陈如凯. 锌钼营养对苦瓜产量、叶片多胺、激素含量与活性氧代谢的影响 [J]. 热带亚热带植物学报, 2004, 12(3): 247-251.
Shi M T, Chen R K. Effects of zinc and Molybdenum nutrition on yields, polyamines, hormone contents and active oxygen metabolism in leaves of balsam pear [J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2004, 12(3): 247-251. (in Chinese)

[21] 马孝慧, 阿不来提, 赵清, 等. 微肥、稀土对苜蓿产量和品质的影响 [J]. 草业科学, 2006, 23(2): 47-49.
Ma X H, Abulaiti, Zhao Q, et al. The influence of trace element fertilizer and rare earth element on alfalfa yield and quality [J]. Pratacultural Science, 2006, 23(2): 47-49. (in Chinese)

[22] 周正朝, 张希彪, 上官周平. 植物对稀土元素的生理生态响应 [J]. 西北农业学报, 2004, 13(2): 119-123.
Zhou Z C, Zhang X B, Shanguan Z P. The plant ecophysiological effect of the rare earth element [J]. Acta Agriculture Boreali-occidentalis Sinica, 2004, 13(2): 119-123. (in Chinese)