

王 玮,汪国莲,梁双林,等. 叶面喷施氨基多糖硒肥对西瓜生长及产量品质的影响[J].江苏农业学报,2019,35(6):1413-1420.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2019.06.021

叶面喷施氨基多糖硒肥对西瓜生长及产量品质的影响

王 玮¹, 汪国莲¹, 梁双林², 仲秀娟¹, 杜小凤¹, 彭 杰¹, 吴传万¹

(1.江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所,江苏 淮安 223001; 2.江苏双林海洋生物药业有限公司,江苏 启东 226200)

摘要: 以西瓜品种早佳 8424 为材料,通过叶面喷施氨基多糖硒肥水溶液,研究其对西瓜生长及产量与品质的影响。结果显示,适宜浓度的氨基多糖硒肥能够有效增加西瓜植株的茎粗,提高功能叶片中 SPAD 值、净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s),以及可溶性糖、可溶性蛋白质含量,增强超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)的活性;显著提高西瓜中硒含量以及可溶性糖、维生素 C(V_c)、番茄红素的含量,提高单瓜质量和产量,并能显著降低西瓜功能叶片的胞间 CO_2 浓度(C_i)、蒸腾速率(T_r)和丙二醛(MDA)含量,以及西瓜中可滴定酸含量。表明氨基多糖硒肥具有增强植株叶片光合作用和植株长势,提高叶片抗氧化酶活性和渗透调节能力,以及提高产量和改善果实品质的功效。

关键词: 西瓜; 氨基多糖; 硒; 生长; 产量; 品质

中图分类号: S651 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2019)06-1413-08

Effects of selenium-aminopolysaccharide fertilizer on growth, yield and quality of watermelon

WANG Wei¹, WANG Guo-lian¹, LIANG Shuang-lin², ZHONG Xiu-juan¹, DU Xiao-feng¹, PENG Jie¹, WU Chuan-wan¹

(1. Huaiyin Institute of Agricultural Sciences of the Xuhuai District of Jiangsu Province, Huai'an 223001, China; 2. Jiangsu Shuanglin Marine Biological Pharmaceutical Co., Ltd., Qidong 226200, China)

Abstract: Watermelon variety Zaojia 8424 was sprayed with selenium fertilizer solution of aminopolysaccharide on the leaves to study its effects on the growth, yield and quality of watermelon. The results showed that the treatment with the optimum concentration of selenium-aminopolysaccharide fertilizer could effectively improve the stem diameter, increase the SPAD value, net photosynthetic rate (P_n), stomatal conductance (G_s), soluble sugar content and soluble protein content in functional leaves, enhance the activities of superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD), but effectively reduce intercellular CO_2 concentration (C_i), transpiration rate (T_r) and malondialdehyde (MDA) content in functional leaves. Furthermore, the treatment with the optimum concentration of selenium-aminopolysaccharide fertilizer could effectively enhance the contents of selenium, soluble sugar, V_c and lycopene in watermelon, reduce titratable acid content, and increase the weight of single watermelon and yield. Obviously, the fertilizer of selenium-aminopolysaccharide has the effects on enhancing photosynthetic capacity, plant growth and the activities of antioxidant enzymes and osmotic adjustment ability, increasing yield and improving fruit quality of watermelon.

Key words: watermelon; aminopolysaccharide; selenium; growth; yield; quality

收稿日期:2019-04-04

基金项目:江苏省农业科技自主创新基金项目[CX(16)1021-7];企业委托横向课题“氨基多糖农用制剂开发与机理研究”;淮安市自然科学研究计划项目(HABZ201931)

作者简介:王 玮(1981-),男,江苏淮安人,硕士,助理研究员,主要从事蔬菜遗传育种与栽培技术研究。(E-mail) wrobbins@126.com

通讯作者:吴传万, (E-mail) hacwwu@163.com

西瓜(*Citrullus lanatus*)是葫芦科西瓜属的一年生草本植物,广泛分布于世界上所有的热带和亚热带气候地区,是最重要的瓜类农作物之一,其果肉甘甜多汁,清爽解渴,具有祛暑利尿的作用,是夏季家庭必备

的重要水果。中国是西瓜生产与消费第一大国,目前,中国西瓜、甜瓜播种面积约占全国种植业总播种面积的1.5%,其产值约占种植业总产值的6%^[1-2]。西瓜产业的蓬勃发展对提高农民收入和促进乡村振兴均发挥了重要的作用。近年来,随着人民物质文化生活的极大改善,优质、安全、营养、健康的农产品越来越受到市场的青睐。因此,如何将优良品种与先进技术相结合,生产出品质优良、抗性强、营养价值高的产品就成为西瓜生产中的当务之急。

氨基多糖在自然界中是仅次于纤维素的第二大多糖类物质,且是唯一大量存在的碱性多糖^[3]。众多研究表明,氨基多糖及其衍生物能够调节并促进水稻^[4]、小麦^[5]、玉米^[6]、番茄^[7]、黄瓜^[8]等作物的生长及改善品质和增强抗逆性,在农业上已被广泛应用于土壤改良、病害抑制、植物生长调节、果蔬保鲜等^[9-11]。

硒是人体必需的微量元素,也是对植物生长有益的微量元素^[12-13]。适量的硒可以促进植物叶绿素的合成,提高植株光合效率^[14-15]。人体补充适量的硒能有效预防器官老化、延缓衰老、增强免疫力。研究表明,就人体对硒的吸收效果而言,生物源有机硒有着其他有机硒无可比拟的优势,是人体最重要的硒源^[16-17]。因此,食用富硒农产品就成为缺硒地区人群最经济、最有效的补硒途径。目前中国富硒农产品开发方兴未艾,大规模报道的有富硒稻米、茶叶、禽蛋等^[18],而富硒西瓜的研究与生产所见报道不多。本试验将氨基多糖与硒螯合制成氨基多糖硒肥,研究其对西瓜生长与产量、品质形成及对硒吸收的影响,旨在为西瓜高效抗逆设施栽培、富硒西瓜生产提供理论及实践依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2017年2月至2017年5月在江苏省启东市吕四港镇念总村31组进行,供试土壤为潮土,有机质含量15.66 g/kg,全氮1.23 g/kg,速效氮115.68 mg/kg,速效磷168.80 mg/kg,速效钾266.37 mg/kg, pH 8.2。西瓜材料为当地主栽品种早佳8424(新疆维吾尔自治区昌吉州新世纪农业高新技术开发中心生产,购于当地种子门市),植株开花至果实成熟28~45 d,生长势中等,座果性好。供试肥料氨基多糖硒肥由江苏双林海洋生物药业有限

公司生产,氨基多糖硒肥有效含量 ≥ 100 g/L,其中硒含量 ≥ 10 g/L,氨基多糖分子量为100 000~500 000,含量 ≥ 90 g/L,产品形态为水剂。

1.2 试验设计

单因素随机区组试验设计。共设5个处理,分别为氨基多糖硒肥稀释100倍液、300倍液、500倍液和700倍液处理,以喷施等量清水为对照(CK)。每处理3次重复,共15个小区,每小区面积为50 m²(40.00 m \times 1.25 m)。西瓜采用吊蔓栽培,双蔓整枝,常规方式管理。结果前每小区选留100株长势较好且一致性较高的西瓜植株,拔除其余植株。坐果初期每株选留果实1个,及时摘除其余幼瓜。4月10日西瓜初果期进行喷施处理,每小区喷施5 L,从上向下均匀喷施西瓜植株表面,以植株上部叶片湿润但不滴水为标准。从处理当天开始每6 d测定1次西瓜的生长指标,共测6次。5月10日盛果期,选取长势一致的西瓜用于测定其品质指标。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 西瓜植株生长指标测定 每小区选取10株长势一致的西瓜植株,每隔6 d测定1次株高和茎粗。

1.3.2 叶片光合参数及SPAD值测定 处理后12 d的晴天上午9:30~11:30,每处理随机选择10株西瓜植株,采用Li-6400型便携式光合仪,选取自上而下面向阳光健康生长的第4片完全展开功能叶作为测定目标,测量叶片的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、胞间CO₂浓度(C_i)、气孔导度(G_s)等参数。同时,采用便携式叶绿素测定仪(型号: KONICA SPAD 502 PLUS)测定叶片中间部位的SPAD值。

1.3.3 生理指标测定 处理后12 d,每处理随机选取壮龄功能叶10片,测定相关生理指标。按照高俊凤^[19]的方法测定丙二醛(MDA)含量,采用李合生^[20]的方法测定可溶性糖和可溶性蛋白质含量,参照Zhang等^[21]的方法测定叶片中超氧化物歧化酶(SOD)及过氧化物酶(POD)活性。

1.3.4 果实品质指标及产量测定 分别采用酸碱滴定法^[22]、蒽酮比色法^[20]、2,6-二氯酚酚滴定法^[23]和分光光度法^[24]测定果实中可滴定酸、可溶性糖、维生素C和番茄红素含量,硒含量由上海通标检测有限公司测定。果实成熟后,每小区随机选取西瓜10个测定平均单瓜重,再测定小区西瓜总产量。

1.4 数据处理

利用 DPS 数据处理软件和 Microsoft Office Excel 2010 对试验数据进行处理和统计,用 LSD 法进行差异显著性分析,使用 SigmaPlot 12.0 软件进行制图。

2 结果与分析

2.1 氨基多糖硒肥处理对西瓜生长指标的影响

株高是反映西瓜植株生长健壮程度的重要指标。如图 1 所示,所有氨基多糖硒肥处理的西瓜株高均随着生育期的延长呈先迅速增加后趋于稳定的趋势。从处理后 12 d 起,不同浓度氨基多糖硒肥处理株高均大于对照。其中,氨基多糖硒肥 500 倍液处理的植株在整个试验期株高均大于对照及其他处理,处理后 6 d、12 d、18 d、24 d、30 d 时的株高分别比对照提高了 2.07%、3.06%、3.09%、3.34% 和 3.39%,但与对照无显著差异。

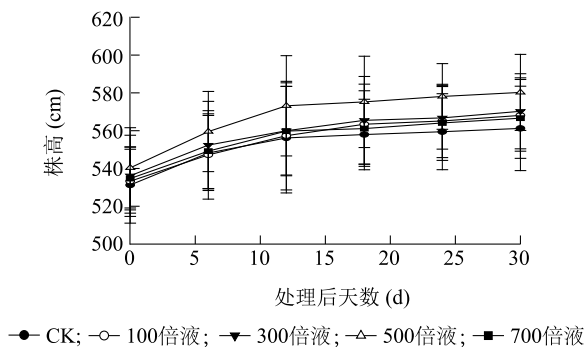


图 1 氨基多糖硒肥处理对西瓜株高的影响

Fig. 1 Effects of selenium-aminopolysaccharide fertilizer on plant height of watermelon

茎是植物地上部分的骨干,茎秆粗壮有利于植物营养物质在“源-库”间的运输以及支撑作用。如图 2 所示,不同浓度氨基多糖硒肥处理的茎粗均随着处理后时间的延长呈先增大再减小的趋势。氨基多糖硒肥 500 倍液处理的植株茎粗增加最明显,其次为 300 倍液和 700 倍液处理。其中 500 倍液处理的西瓜茎粗在整个试验期内均显著大于对照,处理后 6 d、12 d、18 d、24 d、30 d 时的茎粗分别比对照增加了 12.37%、14.29%、16.05%、14.64%、15.92%,且与对照之间差异显著。氨基多糖硒肥 100 倍液处理的植株茎粗整个处理期与对照均无显著差异,表明适宜浓度的氨基多糖硒肥处理可以有效提高植株茎粗,浓度过高则对茎粗增加无明显效果。

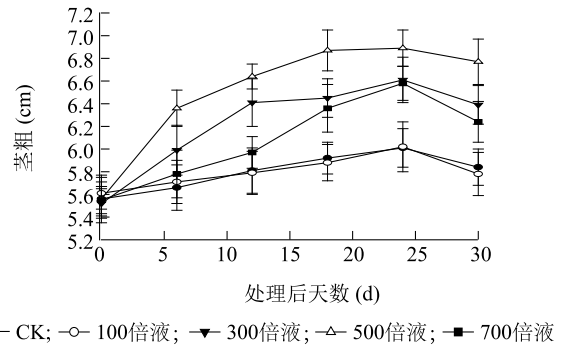


图 2 氨基多糖硒肥处理对西瓜茎粗的影响

Fig. 2 Effects of selenium-aminopolysaccharide fertilizer on stem diameter of watermelon

2.2 氨基多糖硒肥处理对西瓜叶片叶绿素含量的影响

从图 3 可以看出,不同浓度氨基多糖硒肥处理均可以在一定程度上提高西瓜植株叶片的叶绿素含量,其提高叶绿素含量的效果为:500 倍液>700 倍液>300 倍液>100 倍液。除 100 倍液外,其余 3 个浓度处理均与对照呈显著差异,其中 500 倍液处理提高叶绿素含量的效果最好,叶绿素含量较对照增加 22.34%。

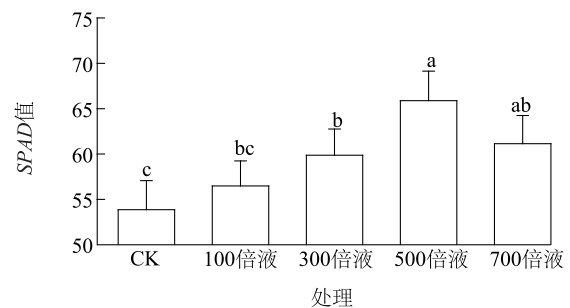


图 3 氨基多糖硒肥处理对西瓜叶片叶绿素含量的影响

Fig. 3 Effects of selenium-aminopolysaccharide fertilizer on chlorophyll content of watermelon leaves

2.3 氨基多糖硒肥处理对西瓜叶片光合生理指标的影响

光合作用是植物获取自然界能量进行有机物质合成的基础,植物生长调节剂可以调控光合产物的分配、能量物质代谢等生理过程,进而调控植物的生长发育^[25]。通过测定植物的光合参数可以准确地反映出植物利用光能进行光合作用的能力。不同浓度氨基多糖硒肥叶面喷施处理对西瓜叶片光合生理指标的影响如图 4 所示。随着氨基多糖硒肥浓度的降低,西瓜叶片的净光合速率(P_n)和气孔导度(G_s)

均呈先增加再减小的趋势,以氨基多糖硒肥 500 倍液处理效果最明显,并极显著高于对照,分别比对照增加了 40.27%、28.27%。胞间 CO_2 浓度 (C_i) 则随着氨基多糖硒肥浓度的降低呈先减小后增大的趋势,且氨基多糖硒肥 500 倍液处理的胞间 CO_2 浓度最小,较对照降低了 18.84%。蒸腾速率 (T_r) 的变

化趋势与其他指标相比均有所不同,与对照相比,不同浓度的氨基多糖硒肥处理均显著降低了西瓜叶片的蒸腾速率 (T_r),氨基多糖硒肥 100 倍液、300 倍液、500 倍液、700 倍液处理的叶片蒸腾速率分别比对照降低了 46.40%、34.35%、36.68%、27.86%,其中以 100 倍液处理的叶片蒸腾速率 (T_r) 最低。

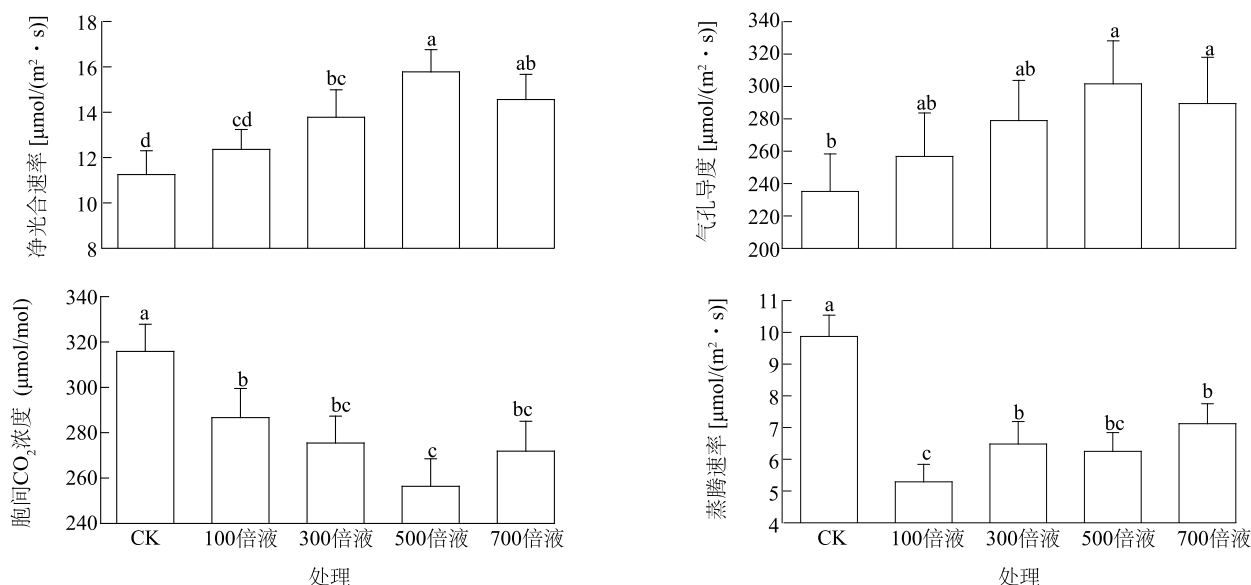


图 4 氨基多糖硒肥处理对西瓜叶片光合特性的影响

Fig.4 Effects of selenium-aminopolysaccharide fertilizer on photosynthetic characteristics of watermelon leaves

2.4 氨基多糖硒肥处理对西瓜叶片 MDA、可溶性糖和可溶性蛋白质含量的影响

丙二醛 (MDA) 是植物体在逆境胁迫条件下细胞膜发生过氧化反应的产物,代表了细胞膜受逆境伤害的程度^[26]。图 5 显示,不同浓度氨基多糖硒肥处理后,西瓜叶片丙二醛含量与对照相比均有一定程度的降低。氨基多糖硒肥 100 倍液、300 倍液、500 倍液、700 倍液处理的西瓜叶片 MDA 含量分别比对照降低了 1.84%、10.40%、21.65%、17.09%,其中 500 倍液处理的植株叶片 MDA 含量最低,且与对照差异显著。

作为植物体内重要的渗透调节物质,可溶性糖和可溶性蛋白质对维持细胞的渗透压平衡、保护细胞膜结构的完整性具有重要的作用。由图 6 可知,西瓜叶片的可溶性糖和可溶性蛋白质含量均随着氨基多糖硒肥处理浓度的降低呈先增加再降低的趋势,且均以氨基多糖硒肥 500 倍液处理的增幅最大,并与对照呈显著性差异,分别比对照增加了 46.79%、48.94%。说明不同浓度氨基多糖硒肥处

理均可以有效提高西瓜叶片的可溶性糖和可溶性蛋白质含量,但以氨基多糖硒肥 500 倍液的效果最佳,浓度太大反而效果不明显。

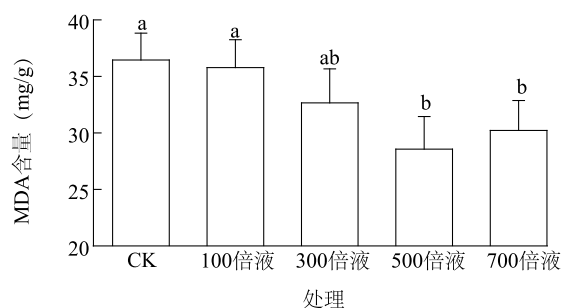


图 5 氨基多糖硒肥处理对西瓜叶片 MDA 含量的影响

Fig.5 Effects of selenium-aminopolysaccharide fertilizer on malondialdehyde (MDA) content in watermelon leaves

2.5 氨基多糖硒肥处理对西瓜叶片抗氧化酶活性的影响

SOD 、 POD 是植物体内重要的抗氧化酶,具有清除活性氧自由基、抵御和修复逆境损伤的作用,是植

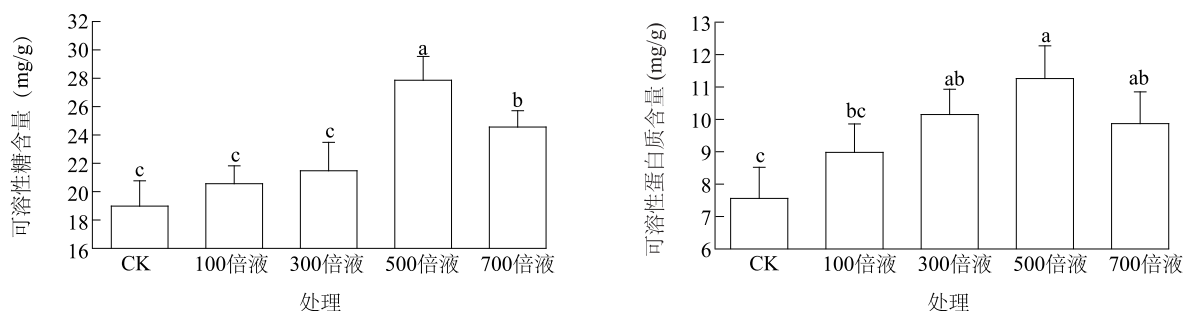
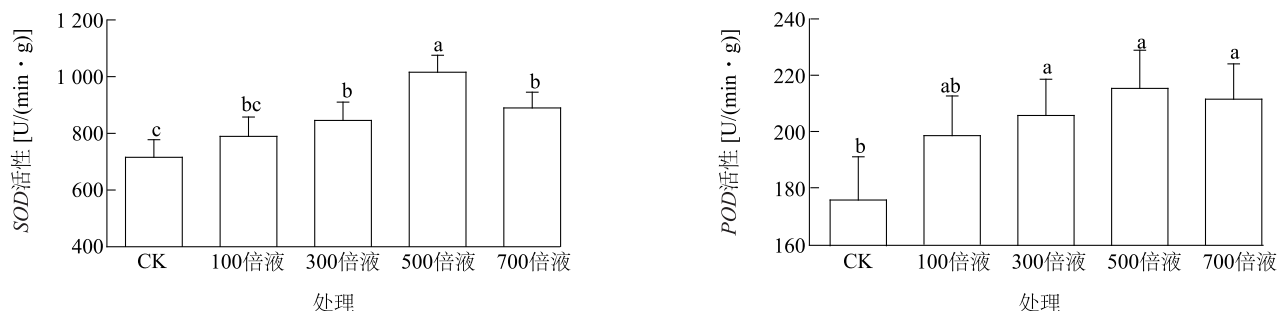


图6 氨基多糖硒肥处理对西瓜叶片可溶性糖和可溶性蛋白质含量的影响

Fig.6 Effects of selenium-aminopolysaccharide fertilizer on soluble sugar and soluble protein content in watermelon leaves

物体内一类重要的生理活性物质^[27]。图7显示,与对照相比,不同处理均明显提高了西瓜叶片的 *SOD*、*POD* 活性。随着氨基多糖硒肥处理浓度的降

低,*SOD*、*POD* 活性均呈先上升再降低的趋势,并均以氨基多糖硒肥 500 倍液处理的活性最强,且显著高于对照,分别比对照增加了 41.99%、22.60%。

图7 氨基多糖硒肥处理对西瓜叶片 *SOD* 和 *POD* 活性的影响Fig.7 Effects of selenium-aminopolysaccharide fertilizer on superoxide dismutase (*SOD*) and peroxidase (*POD*) activities in watermelon leaves

2.6 氨基多糖硒肥处理对西瓜产量的影响

不同浓度的氨基多糖硒肥均可以提高西瓜的单瓜质量,但不同浓度处理之间差异不显著(图8)。氨基多糖硒肥 100 倍液、300 倍液和 700 倍液处理的单瓜质量均与对照无显著差异,但 500 倍液处理的西瓜

单瓜质量显著高于对照,比对照提高了 11.21%。

与对照相比,不同浓度氨基多糖硒肥均显著提高了西瓜的产量,且随着氨基多糖硒肥浓度的降低,产量呈先增加再降低的趋势,500 倍液处理的西瓜产量最高,比对照提高了 12.76%。

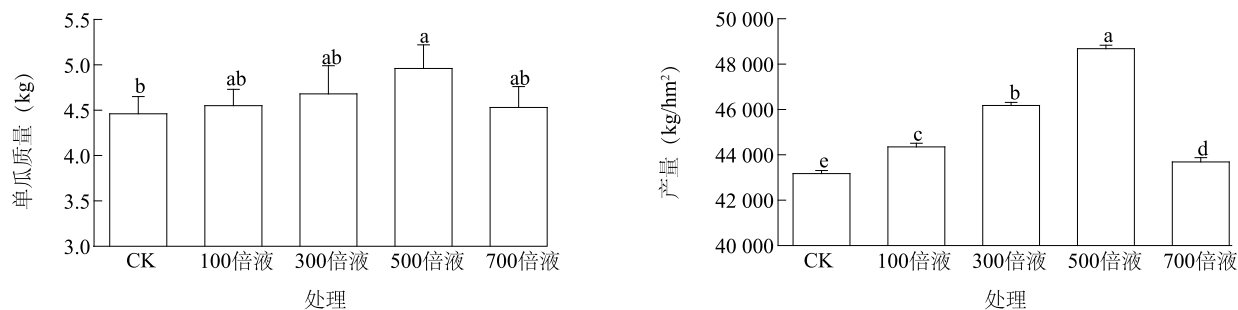


图8 氨基多糖硒肥处理对西瓜单瓜质量和产量的影响

Fig.8 Effects of selenium-aminopolysaccharide fertilizer on weight of single watermelon and yield

2.7 氨基多糖硒肥处理对西瓜品质的影响

不同浓度氨基多糖硒肥处理均可以有效提高西

瓜中可溶性糖、 V_c 、番茄红素和硒的含量,降低可滴定酸含量(表1)。其中可溶性糖、番茄红素的含量

均随着氨基多糖硒肥处理浓度的降低呈先增加再减少的趋势,氨基多糖硒肥 100 倍液和 300 倍液处理之间差异不显著,但均以氨基多糖硒肥 500 倍液处理效果最佳,与对照之间均存在显著性差异,分别比对照提高了 24.21%、14.98%。 V_c 含量的变化趋势与可溶性糖、番茄红素的变化趋势相似,氨基多糖硒肥 500 倍液处理的 V_c 含量增幅最大,比对照提高了 14.63%。随着氨基多糖硒肥处理浓度的降低,西瓜

中可滴定酸含量呈先降低再升高的趋势,但不同浓度处理之间均无显著性差异,氨基多糖硒肥 500 倍液处理的可滴定酸含量最低,比对照下降了 20.45%。硒含量测定结果表明,不同浓度氨基多糖硒肥均极显著提高了西瓜中的硒含量,其中氨基多糖硒肥 100 倍液处理的西瓜中硒含量显著高于其他几个处理,是对照硒含量的 15.31 倍,其他几个浓度处理之间无显著差异。

表 1 氨基多糖硒肥处理对西瓜品质的影响

Table 1 Effect of selenium-aminopolysaccharide fertilizer on watermelon quality

处 理	可溶性糖含量 (%)	V_c 含量 (mg/kg)	可滴定酸含量 (%)	番茄红素含量 ($\mu\text{g/g}$)	硒含量 ($\mu\text{g/g}$)
CK	10.45 \pm 0.54c	71.1 \pm 3.6c	33.16 \pm 1.69a	29.18 \pm 1.23b	0.16 \pm 0.01c
100 倍液氨基多糖硒肥	11.59 \pm 0.49b	79.5 \pm 3.3ab	28.11 \pm 1.87b	31.26 \pm 1.52ab	2.45 \pm 0.11a
300 倍液氨基多糖硒肥	12.16 \pm 0.64ab	78.9 \pm 2.9ab	27.88 \pm 2.11b	31.69 \pm 1.34ab	2.25 \pm 0.08b
500 倍液氨基多糖硒肥	12.98 \pm 0.53a	81.5 \pm 4.1a	26.38 \pm 1.35b	33.55 \pm 1.76a	2.11 \pm 0.10b
700 倍液氨基多糖硒肥	11.46 \pm 0.69bc	74.8 \pm 3.9bc	27.86 \pm 1.12b	32.21 \pm 1.56a	2.12 \pm 0.09b

同一列不同字母表示差异显著。

3 讨 论

3.1 氨基多糖硒肥对西瓜植株生长的影响

众多研究结果表明,硒与植株生长发育关系密切,适量的硒可以促进幼苗生长发育,增加体内叶绿素合成速度与含量,提高干物质含量^[28]。氨基多糖也有促进植物生长、改善作物品质的作用。本研究使用氨基多糖与硒相整合制备的氨基多糖硒水溶肥处理西瓜植株,试验结果表明,适宜浓度的氨基多糖硒肥可以有效提高西瓜植株的株高和茎粗,表现出一定的促生长效应,这可能与硒和氨基多糖的促生作用有关,但浓度太高或太低,都会严重影响其对西瓜植株的促生效应,尤其是氨基多糖硒肥 100 倍液处理的效果最不明显。

叶绿素含量是决定植物光合能力和产量形成的重要基础^[29]。前人研究结果表明,施用外源硒肥可以有效提高植物叶片中的叶绿素含量,硒还可以缓解逆境胁迫对植物叶绿素的损伤^[30]。本试验中,不同浓度氨基多糖硒肥处理均可以在一定程度上提高西瓜植株叶片的叶绿素含量,这与师素云等^[31]、欧阳寿强等^[32]在玉米、不结球白菜上的研究结果相似。氨基多糖硒肥增加西瓜植株叶片中叶绿素含量的原因可能是氨基多糖硒肥对以叶绿素为底物的叶绿素酶活性具有一定的抑制作用,从而延缓了叶绿

素的降解过程,但也有可能是其直接或间接参与了叶绿素合成或是其对叶绿素的合成途径起到一定的诱导作用。氨基多糖硒肥增加西瓜植株叶片中叶绿素含量不仅可以提高植株叶片的光合效率,还能够有效预防膜脂过氧化化的发生,保障植物光合作用的正常进行^[25]。

植物生长调节剂在调控植物的光合作用、光合产物分配以及产量形成等方面具有十分重要的作用^[33]。本研究结果表明,不同浓度氨基多糖硒肥处理均有效提高了西瓜叶片的净光合速率和气孔导度,增强了西瓜叶片的光合能力,显著降低了胞间 CO_2 浓度,提高了叶片对 CO_2 的利用率,促进了光合物质的积累。此外,施用氨基多糖硒肥的西瓜叶片蒸腾速率显著下降,原因可能是因为氨基多糖类物质具有良好的成膜特性,浓度越大,越易成膜。同时,高浓度的氨基多糖会在植物叶片表面形成一层半透明的薄膜,影响了叶片气孔的开闭和叶片蒸腾作用的发挥,导致叶片光合效率的下降,对植物光合作用具有一定的抑制作用,也显著降低了对植株的促生长效果。

3.2 氨基多糖硒肥对西瓜植株抗逆性的影响

植物生长调节剂可以诱导作物抗逆性的提高,这与植物对逆境的应答机制有关^[34]。本研究结果表明,氨基多糖硒肥对西瓜植株中与抗逆有关的生

理活性指标具有一定的诱导作用。施用氨基多糖硒肥后,西瓜植株叶片的 *SOD* 和 *POD* 活性显著增强,可溶性糖和可溶性蛋白质含量明显增加,丙二醛(MDA)含量下降,这与王之焕等^[35]报道的低温弱光下壳聚糖能显著提高番茄幼苗的 *POD* 活性、降低 MDA 含量的结果相似。

可溶性糖、可溶性蛋白质有助于维持细胞内外的渗透压平衡,保护细胞膜与蛋白质活性,很多可溶性蛋白质还是参与各种生理代谢的活性物质。MDA 是植物细胞膜氧化的产物,逆境条件下其含量的高低代表了细胞膜受伤害的程度。虎芳芳^[36]研究发现,施用外源硒肥可影响水稻体内的膜脂过氧化反应,但不同时期水稻对硒的耐受性有差别。张翠翠等^[37]研究了叶面施硒对西瓜镉和铅积累的影响,发现中等质量浓度的 Na_2SeO_3 处理可以有效抑制 MDA 在西瓜中的积累。本研究发现,氨基多糖与硒螯合产物处理的西瓜叶片可溶性糖和可溶性蛋白质含量较对照明显提高,MDA 含量则在一定程度上有所降低,说明氨基多糖硒肥可以增强西瓜植株的渗透调节能力,维持细胞正常的生理生化代谢活性,提高胁迫下细胞清除活性氧的能力,增强植株对逆境环境的抵抗能力,但不同时期西瓜植株对硒肥的耐受性仍有待进一步研究。

植物体在正常的生命活动中都会产生活性氧(ROS)。但在胁迫条件下,活性氧产生和消除的动态平衡被破坏,ROS 大量产生的同时清除的速度却跟不上,便会造成 ROS 的明显积累。*SOD*、*POD* 作为植物体内重要的保护酶,能够协同消除胁迫条件下植物体内大量产生的活性氧,维持活性氧代谢的平衡和细胞膜结构的稳定性,是植物对逆境胁迫的一种自我修复机制^[38]。本研究中,喷施氨基多糖硒肥后西瓜叶片 *SOD* 和 *POD* 活性显著增强,说明氨基多糖硒肥可以通过增强西瓜植株体内抗氧化酶活性,一定程度上有助于清除过量的活性氧,从而减少了活性氧自由基的积累对植物体造成的伤害,进而抵御不良影响,促进植株的正常生长发育。

3.3 氨基多糖硒肥对西瓜品质和产量形成的影响

文廷刚等^[39]研究了不同分子量氨基多糖处理对西瓜品质、产量的影响,发现中等分子量的氨基多糖能够显著增加西瓜中可溶性糖、 V_c 、番茄红素含量,提高西瓜品质与产量。本研究测定了西瓜的部分品质指标和硒含量,结果表明,氨基多糖硒肥可以

极显著提高西瓜中硒的含量,提高可溶性糖、 V_c 、番茄红素含量,降低可滴定酸含量,显著改善西瓜品质,增强西瓜植株对硒的吸收利用。但是氨基多糖硒肥的浓度效应不是很明显,尤其是可滴定酸和番茄红素含量,不同浓度之间均无显著差异。

本研究发现,不同浓度氨基多糖硒肥均可以在一定程度上提高西瓜的单瓜质量和产量。氨基多糖硒肥增产的机理一方面可能源于其提高了西瓜植株叶片中的叶绿素含量,提高了叶片的净光合效率,增加了光合产物在同化器官中的积累,促进了光合产物在“源-库”间的转移;另一方面可能与其诱导提高了植株的抗逆性有关,通过增强与抗逆有关的生理指标物质的含量及活性,提高了植株对环境条件的适应,促进了作物的生长和产量的提高。

总之,适宜浓度的氨基多糖硒肥可以有效增加西瓜植株的株高、茎粗,提高植株的生长量,提高西瓜功能叶片的叶绿素含量、净光合速率和气孔导度,降低胞间 CO_2 浓度,对西瓜植株具有一定的促生长效应;增加西瓜植株叶片中可溶性糖、可溶性蛋白质含量,提高 *SOD*、*POD* 的活性,降低 MDA 含量,增强植株对逆境环境的抗性;增强植株对硒的吸收利用,提高果实中硒的含量,增加可溶性糖、 V_c 、番茄红素含量,降低可滴定酸含量,促进西瓜品质的改善。喷施浓度以氨基多糖硒肥 500 倍液为最佳。说明氨基多糖硒肥在一定程度上具有促进西瓜生长、改善品质、提高产量的作用,可以作为一种新型植物生长调节剂来使用,在富硒西瓜种植中具有一定的推广应用价值,但其使用时期与使用次数及其分子作用机制还有待明确,尤其是改善西瓜品质及其富硒机制还有待进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 张琳,杨艳涛,吴敬学.新形势下中国西瓜甜瓜产业发展的战略思考[J].北方园艺,2014(19):187-190.
- [2] 中华人民共和国农业部.中国农业统计资料[M].北京:中国农业出版社,2010:59-60.
- [3] 王士奎.氨基多糖生物降解转化模型的建立[J].微生物学报,1997,24(2):88-91.
- [4] 叶利民,夏瑾华,徐芬芬,等.壳聚糖浸种对水稻种子萌发及幼苗生长的影响[J].广东农业科学,2010(6):21-22.
- [5] REDDY M V. Chitosan treatment of wheat seeds induces resistance to *Fusarium graminearum* and improves seeds quality[J]. J. Agric. Food Chem, 1999, 47(3): 1208-1216.
- [6] 师素云,薛启汉.羧甲基壳聚糖对玉米的生理调节功能初探

- [J].中国农业大学学报,1997,2(5):1-6.
- [7] 刘建民,李美芹,薛其勤,等.不同分子量壳聚糖对番茄生长发育的影响[J].中国农学通报,2010,26(17):229-233.
- [8] 于明革,杨洪强,刘高峰,等.壳聚糖对黄瓜萌芽种子及幼苗生理生化特性的影响[J].山东农业大学学报(自然科学版),2004,35(1):47-50.
- [9] 陈佳阳,乐学义.壳聚糖及其衍生物在农业上的应用[J].化学研究与应用,2011,23(1):1-8.
- [10] TANTAWY E I, PAK E M. Behavior of tomato plants as affected by spraying with chitosan and aminofort as natural stimulator substances under application of soil organic amendments[J].J Biol Sci,2009,12(17):1167-1173.
- [11] BAUTISTA-BANOSA S, HERNÁNDEZ-LÓPEZA M, BOSQUEZ-MOLINAB E, et al. Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit[J].Crop Prot, 2003,22(9):1087-1092.
- [12] ROTRUCK J T, POPE A L, GANTHER H E, et al. Selenium: Biochemical role as a component of glutathione peroxidase[J]. Science, 1973,179(5):88-90.
- [13] 陈雪,沈方科,梁欢婷,等.外源施硒措施对水稻产量品质及植株硒分布的影响[J].南方农业学报,2017,48(1):46-50.
- [14] KHALIQ A, ASLAM F, MATLOOB A, et al. Seed priming with selenium:Consequences for emergence, seedling growth, and biochemical attributes of rice[J].Biol Trace Elem Res,2015,166:236-244.
- [15] XUE T, HARTIKAINEN H, PIIRONEN V. Antioxidative and growth promoting effect of selenium in senescing lettuce[J].Plant Soil,2001,237:55-61.
- [16] 吴永尧,彭振坤,罗泽民.硒的多重生物学功能及对人和动物健康的影响[J].湖南农业大学学报,1997,23(3):294-299.
- [17] 郭天宇,徐宁彤,曲琪环.叶面喷施不同硒肥对水稻含硒量及产量的影响[J].江苏农业科学,2017,45(7):59-61.
- [18] 许学宏,余云飞,高芹,等.富硒农产品开发现状与发展对策[J].江苏农业科学,2010(1):311-313.
- [19] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006:196-197.
- [20] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:165-185.
- [21] ZHANG Y J, ZHANG X, CHEN C J, et al. Effects of fungicides JS399-19, azoxystrobin, tebuconazole, and carbendazim on the physiological and biochemical indices and grain yield of winter wheat[J].Pesticide Biochemistry and Physiology,2010,98(2):151-157.
- [22] 徐小利,赵卫星,常高正.西瓜产量和叶面积指数的相关性分析[J].河南农业科学,2010(7):84-85.
- [23] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,1998:469-472.
- [24] 万学闪,刘文革,阎志红,等.西瓜果实发育过程中番茄红素、瓜氨酸和Vc等功能物质含量的变化[J].中国农业科学,2011,44(13):2738-2747.
- [25] 董倩,王洁,庞曼,等.生长调节剂对黄连木光合生理指标和荧光参数的影响[J].西北植物学报,2012,32(3):484-490.
- [26] 周运刚,王俊刚,马天文,等.不同DPC(缩节胺)处理对棉花生理生化特性的影响[J].新疆农业科学,2014,47(6):1142-1146.
- [27] 梅懿,祖艳侠,吴永成,等.萝卜幼苗在盐胁迫下的生理响应研究[J].中国农学通报,2015,31(10):49-53.
- [28] 尚庆茂,李平兰.硒在高等植物中的生理作用[J].植物生理学通讯,1998,34(4):284-288.
- [29] MASSACCI A, NABIEV S M, PIETROSANTI L, et al. Response of the photosynthetic apparatus of cotton (*Gossypium hirsutum*) to the onset of drought stress under field conditions studied by gas-exchange analysis and chlorophyll fluorescence imaging[J].Plant Physiology and Biochemistry,2008,46(2):189-195.
- [30] 秦成,裴红兵,吴晓薇,等.外源硒对铅污染下小麦生长及生理特性的影响[J].中国生态农业学报,2015,23(4):447-453.
- [31] 师素云,薛启汉,王学臣,等.羧甲基壳聚糖对玉米萌发种子 α -淀粉酶活性及幼苗叶片叶绿素含量的影响[J].江苏农业学报,1996,12(2):29-33.
- [32] 欧阳寿强,徐朗莱.壳聚糖对不结球白菜营养品质和某些农艺性状的影响[J].植物生理学通讯,2003,39(1):21-24.
- [33] 黄少白,戴秋杰,王志霞,等.紫外光B辐射对菠菜和小白菜叶片氮代谢的影响[J].江苏农业学报,1999,15(1):12-16.
- [34] 张欧,马强,刘娜,等.植物生长调节剂苯胺腈酸对辣椒生长及逆境生理指标的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2018,46(8):2-9.
- [35] 王之焕,于英梅,张晓明.低温弱光下壳聚糖对番茄幼苗生理指标的影响[J].吉林农业大学学报,2011,33(1):42-46.
- [36] 虎芳芳.叶面喷施硒肥对水稻产量品质形成及其生理机理研究[D].西宁:宁夏大学,2016.
- [37] 张翠翠,常介田,赵鹏.叶面施硒对西瓜镉和铅积累的影响[J].华北农学报,2013,28(3):159-163.
- [38] 冯乃杰,赵黎明,郑殿峰,等.SODM、DTA-6和Cc对大豆生育中后期功能叶片生理特性的影响[J].中国油料作物学报,2009,31(1):23-28.
- [39] 文廷刚,杜小凤,吴传万,等.不同分子量氨基多糖对西瓜产量和品质的影响[J].江西农业学报,2015,27(3):36-39.

(责任编辑:张震林)