

4 种叶面肥喷施对大棚西瓜农艺性状、产量和品质的影响

胡敏, 钟辉丽, 常鑫, 王智鹏

(武威市农业技术推广中心 甘肃武威 733000)

摘要: 为探究不同叶面肥及不同喷施次数对大棚西瓜生长结果的影响, 以西瓜品种美丽为材料, 采用双因素随机区组设计, 以叶面肥类型为主因素, 喷施次数为副因素, 喷施清水为对照, 研究 4 种不同叶面肥对大棚西瓜农艺性状、果实品质及产量的影响, 以为大棚西瓜高产栽培提供依据。结果表明, 叶面肥喷施后西瓜叶片的 SPAD 值明显增大, 喷施纳米铁 3 次的植株上中下三个部位叶片的 SPAD 值较对照分别显著提高 10.80%、13.28%、10.93%; 果实可溶性固形物含量提高, 与对照相比, 喷施纳米铁和黑水·康补 3 次, 西瓜中心、边缘可溶性固形物含量分别显著提高 7.05%、5.79% 和 7.05%、5.04%。甲壳宝、菌加钙、纳米铁、黑水·康补喷施 3 次的西瓜产量分别较对照显著提高 14.82%、13.25%、17.46%、17.93%。综上, 喷施纳米铁和黑水·康补 3 次对西瓜产量和品质的提升效果最好。

关键词: 西瓜; 叶面肥; 农艺性状; 产量; 品质

中图分类号: S651

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2025)02-082-08

Effects of four kinds foliar fertilizer spraying on the agronomic traits, yield and quality of watermelon in greenhouse

HU Min, ZHONG Huili, CHANG Xin, WANG Zhipeng

(Wuwei Agricultural Technology Promotion Center, Wuwei 733000, Gansu, China)

Abstract: To explore the influences of different foliar fertilizers and different spraying times on watermelon in greenhouse, a two-factor completely randomized block design with four foliar fertilizers as the main factor and different spraying as the side factor was conducted using meili watermelon as material to study the effects of four kinds foliar fertilizers and different spraying times on the agronomic traits, fruit traits and yield, providing a basis for the high-yield cultivation technology of watermelon in greenhouse. The research revealed that compared with the control spraying foliar fertilizer could increase significantly SPAD value and the chlorophyll content in leaves. Compared to CK, spraying Nano iron three times could increase SPAD value of upper, middle, and lower leaf by 10.80%, 13.28%, 10.93%, respectively. Compared to CK, spraying Nano iron and Heishui·Kangbu three times could improve center and edge soluble solids content by 7.05%, 5.79% and 7.05%, 5.04%, respectively. Compared to CK, the yield of Shell treasure, Bacteria and calcium, Nano iron, Heishui·Kangbu spraying three times were raised by 14.82%, 13.25%, 17.46%, 17.93%, respectively. In conclusion, spraying Nano iron and Heishui·Kangbu three times had the best effects on the yield and quality on watermelon in greenhouse.

Key words: Watermelon; Foliar fertilizers; Agronomic trait; Yield; Quality

西瓜是中国最大的瓜类作物之一^[1], 其果实脆甜多汁, 富含矿物盐、维生素等多种营养成分, 具有解暑、排毒、润肺和排尿功能, 是深受群众喜爱的夏季消暑果品^[2]。设施西瓜作为武威市特色农业产业, 在农民增产增收和推进振兴乡村中均发挥了重要作用。武威市大棚西瓜种植效益较高, 但存在生产

成本高、大量施用化肥降低果实品质等问题。随着人们对自身健康的重视, 对西瓜质量有了越来越高的要求, 科学施肥成为保障西瓜产量和品质的关键技术之一。

叶面肥是世界上最重要的农作物肥料产品, 叶面肥喷施是作物补充养分、改善生长环境的一种常

收稿日期: 2024-04-20; 修回日期: 2024-12-12

基金项目: 国家西甜瓜产业技术体系-西甜瓜全产业链提质增效技术集成创新与示范(CARS-25-02A); 武威市设施农业病虫害防控减药技术(WW2002013)

作者简介: 胡敏, 女, 高级农艺师, 主要从事蔬菜栽培与示范推广工作。E-mail: 20070101humin@163.com

见途径^[3],具有简单、速效、用量少、肥效高、环境污染小等优点^[4-6]。据报道,喷施叶面肥不仅能提高作物产量,而且能促进作物的品质改良^[7]。叶面肥已广泛应用在甜瓜^[8]、苹果梨^[9]、玉米^[10]等农作物上。刘冰雁等^[9]研究表明,叶面肥喷施后苹果梨叶片的叶绿素含量升高,徐宁等^[10]研究表明,叶面肥喷施提高了玉米叶片的叶绿素含量及茎粗和株高。宋希梅等^[11]研究表明,西瓜是一种复合生长的植物,既包含营养生长也包含生殖生长,当西瓜生殖生长开始时,常由于供肥不足导致脱肥现象出现,从而严重影响西瓜品质。刘鑫萍等^[12]研究表明,喷施氨基酸类叶面肥可以大幅度提高西瓜的产量和品质,并且在设施栽培条件下效果更好。谢英添等^[3]研究表明,喷施叶面肥促进了设施西瓜主茎和叶片的叶绿素含量增加,以及产量和品质提升。

目前大多数研究主要集中于不同类型叶面肥对西瓜产量的影响方面,在叶面肥喷施次数对西瓜产量和品质影响方面的研究较少。因此,笔者以大棚西瓜美丽为材料,研究4种不同叶面肥及不同喷施次数对西瓜农艺性状、产量及品质的影响,以期为大棚西瓜增产提质提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料

美丽西瓜品种幼苗从武威市凉州区五沟蔬菜育苗基地订购,该品种长势中等,抗性强,适宜保护地栽培。甲壳宝、菌加钙、黑水·康补购自武威市恒丰源农资公司,纳米铁由甘肃省科学院提供。各种叶面肥主要有效成分、类型及使用量详见表1。

表1 叶面肥主要有效成分、类型、使用量

Table 1 Main active ingredient, type and dosage of foliar fertilizer

名称 Name	主要有效成分 Main active ingredient	叶面肥类型 Type	使用剂量 Dosage	价格 Price/(Yuan·kg ⁻¹)
甲壳宝 Shell treasure	(钙+镁)含量(ρ ,后同) $\geq 30 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,氨基酸含量 $\geq 100 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ (Calcium + magnesium) content (ρ , the same below) $\geq 30 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, Amino acid content $\geq 100 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$	天然钙复合螯合物/含氨基酸水溶肥 Natural calcium complex chelate/ Water-soluble fertilizer containing amino acids	稀释 400 倍 Dilute 400 times	32
菌加钙 Bacteria and calcium	植物钙,有效活菌数 $\geq 10^4$ 亿 $\cdot\text{g}^{-1}$ Plant calcium, the effective number of live bacteria $\geq 10^{12}\cdot\text{g}^{-1}$	微生物菌肥 Microbial bacteria fertilizer	稀释 500 倍 Dilute 500 times	70
纳米铁 Nano iron	粒径 $\leq 100 \text{ nm}$,纯度 $\geq 95\%$ Particle size $\leq 100 \text{ nm}$, the purity $\geq 95\%$	纳米铁微量元素肥 Nanosized iron trace element fertilizer	7.5 g·hm ⁻²	45
黑水·康补 Heishui·Kangbu	枯草芽孢杆菌有效活菌数 $\geq 2.0\times 10^8\cdot\text{mL}^{-1}$ Colony-forming unit bacillus subtilis $\geq 2.0\times 10^8\cdot\text{mL}^{-1}$	微生物肥 Microbial fertilizer	稀释 500 倍液 Dilute 500 times	100

1.2 试验地概况

试验于2022年7—11月在武威市凉州区大柳镇西瓜产业园基地顾宗科的大棚中进行。基地日照时数2 654.9 h,年平均温度9.7℃,昼夜温差平均

7.9℃。1~20 cm土壤属性详见表2。

1.3 方法

采用双因素随机区组设计,叶面肥为主因素,包括甲壳宝(YMFT1)、菌加钙(YMFT2)、纳米铁

表2 供试土壤属性

Table 2 Attribute property of test soil

指标 Index	pH	w(有机质) Organic matter content/(g·kg ⁻¹)	w(速效氮) Rapidly available nitrogen content/(mg·kg ⁻¹)	w(有效磷) Available phosphorus content/(mg·kg ⁻¹)	w(速效钾) Rapidly available potassium content/(mg·kg ⁻¹)	w(全氮) Total nitrogen content/(g·kg ⁻¹)
数值 Value	7.17	51.4	227.15	437.7	604.5	0.68

(YMFT3)、黑水·康补(YMFT4);喷施次数为副因素,1次喷施(PPSC1)、2次喷施(PPSC2)、3次喷施(PPSC3),清水喷施是对照(QST0,CK),共15个处理,分别重复3次,小区面积18 m²。7月2日,在凉州区五沟村育苗中心订购嫁接西瓜苗,采用72孔

穴盘育苗,西瓜嫁接苗长至3叶1心时定植。7月下旬,每hm²施入商品有机肥7500 kg,腐熟农家肥9000 kg,过磷酸钙600 kg,硫酸钾225 kg,深翻30 cm,使肥料与土壤混合均匀,宽窄行方式起垄。8月14日,以株距50 cm、单垄双行定植,覆白色地

膜。当西瓜开花坐果长至鸡蛋大小时喷施叶面肥。第1次9月24日喷施,每隔7d喷施1次,共喷施3次。其他管理方式与当地大棚西瓜传统种植模式一致。

1.4 指标测定

10月15日,各试验区随机选10株,对每株第8片、15片、22片叶挂牌,分别作为西瓜植株的上部、中部、下部叶片,采用手持式叶绿素测定仪测定叶片的SPAD值,对每株第18片叶片挂牌,用直尺测定叶宽、叶长。

西瓜采收时,各试验区随机选10株,用游标卡尺测量植株的基部茎粗、果实纵径和横径,用手持式折光仪测定可溶性固形物含量,用台式电子秤称西瓜单果质量。以小区为单位测产。

1.5 数据分析

采用Microsoft Excel 2010 进行数据处理,采用SPSS.17.0 统计软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 4种叶面肥不同喷施次数处理对西瓜茎粗、叶长、叶宽的影响

由表3可知,不同叶面肥和喷施次数对西瓜

的叶长、叶宽、基部茎粗均有显著影响,两者对西瓜叶宽有显著的交互作用。由表4可知,在同一喷施次数下,不同叶面肥对西瓜叶长的影响均表现为YMFT4>YMFT3>YMFT1>YMFT2>QST0, YMFT4、YMFT3 处理与清水对照呈显著差异, YMFT4 与 YMFT3 之间差异不显著; YMFT4、YMFT3、YMFT2 处理的西瓜叶宽与清水对照呈显著差异,在PPSC2、PPSC3下, YMFT4 处理的叶宽较 YMFT2 和 YMFT1 处理分别增加3.56%、3.95%和6.37%、2.08%;对西瓜基部茎粗的影响均表现为YMFT3>YMFT4>YMFT2>YMFT1>QST0, 在PPSC2下, YMFT4、YMFT3、YMFT2 处理的西瓜基部茎粗较清水对照分别显著增加了12.50%、14.04%、10.96%, 在PPSC3下, YMFT4、YMFT3、YMFT2 处理的西瓜基部茎粗较清水对照分别显著增加14.38%、15.56%、10.52%。随着同一种叶面肥喷施次数的增加,西瓜的叶长和基部茎粗均呈增长的趋势,在PPSC3下,各处理的叶长和基部茎粗均最大,与PPSC1相比, YMFT1、YMFT4 处理的叶长和基部茎粗分别显著增大7.52%、4.59%和6.71%、10.70%。YMFT1 处理的西瓜叶宽随着喷施次数的

表3 不同叶面肥处理对西瓜农艺性状、质量和产量的双因素方差分析

Table 3 Two-way anova of watermelon agronomic traits, quality and yield by different foliar fertilizer treatments

指标 Index	不同叶面肥 Different foliar fertilizer		喷施次数 Number of spraying		不同叶面肥×喷施次数 Interaction of different foliar fertilizer and spray times	
	SS ^c	F	SS ^c	F	SS ^c	F
	叶长 Leaf length	55.926	20.662*	21.752	16.073*	3.790
叶宽 Leaf width	175.557	56.263*	83.285	53.383*	20.894	3.348*
茎粗 Stem thickness	9.595	12.567*	4.423	11.585*	0.478	0.313
上部叶片 SPAD 值 SPAD value of upper leave	99.717	18.069*	18.094	6.557**	5.604	0.841
中部叶片 SPAD 值 SPAD value of central leave	221.461	122.657*	4.576	5.069*	6.861	0.097
下部叶片 SPAD 值 SPAD value of lower leave	137.446	36.185*	9.862	5.193*	10.278	0.257
果实横径 Fruit transverse diameter	56.136	5.236**	97.152	18.125**	7.549	0.352
果实纵径 Fruit longitudinal diameter	101.189	12.696**	30.277	7.598**	28.808	1.807
中心可溶性固形物含量 Center soluble solids content	1.246	6.807**	0.977	10.676**	0.359	0.981
边缘可溶性固形物含量 Edge soluble solids content	0.422	3.354*	0.59	9.378**	0.246	0.977
单果质量 Single fruit mass	0.589	53.447**	0.115	0.057*	0.037	0.005
产量 Yield	3 718 390.054	111.682**	1 076 544.863	538 272.431*	204 599.055	25 574.882*

注:**表示差异极显著($p<0.01$);*表示差异显著($p<0.05$)。

Note: ** represents extremely significant difference($p<0.01$); * represents significant difference($p<0.05$).

表4 4种叶面肥不同喷施次数处理对西瓜茎粗、叶长、叶宽的影响

处理 Treatment	叶长 Leaf length/cm			叶宽 Leaf width/cm			茎粗 Stem thickness/mm		
	PPSC1	PPSC2	PPSC3	PPSC1	PPSC2	PPSC3	PPSC1	PPSC2	PPSC3
QST0(CK)	29.17± 1.04 aC	30.17± 1.04 aB	30.20± 0.75 aC	25.72± 0.42 aB	26.10± 0.00 aD	26.37± 0.23 aC	8.84± 0.97 aA	9.12± 0.50 aB	9.32± 0.42 aC
YMFT1	30.44± 1.02 bBC	32.39± 0.48 aA	32.73± 0.75 aB	28.22± 1.17 bA	30.61± 1.08 aD	31.67± 0.25 aAB	9.23± 0.30 bA	9.36± 0.18 aB	9.85± 0.09 aBC
YMFT2	30.33± 0.58 aBC	31.39± 0.35 aAB	32.47± 0.31 aB	28.22± 2.12 bA	31.44± 0.19 aBC	31.10± 0.17 aB	9.58± 0.60 aA	10.12± 0.17 aA	10.30± 0.35 aAB
YMFT3	31.96± 0.40 aAB	32.56± 1.90 aA	33.50± 0.66 aAB	28.39± 0.82 bA	32.89± 1.50 aA	32.07± 0.55 aA	9.81± 0.43 aA	10.40± 0.49 aA	10.77± 0.21 aA
YMFT4	32.44± 0.19 bA	32.67± 0.87 bA	33.93± 0.25 aA	29.11± 0.84 bA	32.56± 1.35 aAB	32.33± 0.47 aA	9.63± 0.12 bA	10.26± 0.44 aA	10.66± 0.42 aA

注:不同大写字母表示不同叶面肥在相同喷施次数下差异显著($p<0.05$);不同小写字母表示相同叶面肥在不同喷施次数下差异显著($p<0.05$)。下同。

Note: Different capital letters in the same spraying times indicate significant difference between different foliar fertilizers at 0.05 level; Different lowercase letters in the same foliar fertilizer indicate significant difference between different spraying times at 0.05 level. The same below.

增多而增大,西瓜叶宽呈增长趋势,在PPSC3下叶宽最大,与PPSC1相比显著增加了12.23%;YMFT2、YMFT3和YMFT4处理的西瓜叶宽随着喷施次数的增多呈先增后减的趋势,PPSC2下叶片最宽,与PPSC1相比分别显著增加了11.41%、15.85%、11.85%。从以上结果得出,与喷施清水对照相比,喷施纳米铁和黑水·康补能显著增加西瓜叶长、叶宽和基部茎粗;喷施黑水·康补的西瓜叶长和基部茎粗随着喷施次数的增加而增大。

2.2 4种叶面肥不同喷施次数处理对西瓜SPAD值的影响

由表3可知,不同叶面肥和喷施次数对西瓜上部、中部、下部叶片的SPAD值存在显著影响,喷施次数对西瓜上部叶片的SPAD值有极显著影响,两者对西瓜上部、中部、下部叶片的SPAD值均无交

互作用。由表5可知,在同一喷施次数下,不同叶面肥处理的西瓜上部、中部、下部叶片的SPAD值均显著高于对照。对于西瓜上部叶片的SPAD值而言,在PPSC1、PPSC2下,4种叶面肥之间无显著差异;在PPSC3下,YMFT3处理显著高于TYMF4、YMFT2和YMFT1处理。对于西瓜中部叶片的SPAD值而言,在PPSC1下,4种叶面肥之间无显著差异;在PPSC2下,YMFT3、YMFT4处理显著高于YMFT2和YMFT1处理;在PPSC3下,YMFT3、YMFT4处理显著高于YMFT2处理。对于西瓜下部叶片的SPAD值而言,在PPSC1下,4种叶面肥之间无显著差异;在PPSC2下,YMFT3处理显著高于YMFT2和YMFT1处理;在PPSC3下,YMFT3、YMFT4、YMFT1处理显著高于YMFT2处理。同一种叶面肥,随着喷施次数的增多,YMFT4处理的

表5 4种叶面肥不同喷施次数处理对西瓜叶片SPAD值的影响

Table 5 Effects of four foliar fertilizer of spraying times treatments on SPAD value of watermelon

处理 Treatment	上部叶片 SPAD 值 SPAD value of upper leaves			中部叶片 SPAD 值 SPAD value of central leaves			下部叶片 SPAD 值 SPAD value of lower leaves		
	PPSC1	PPSC2	PPSC3	PPSC1	PPSC2	PPSC3	PPSC1	PPSC2	PPSC3
QST0(CK)	53.07± 0.84 aB	53.46± 2.01 aC	53.23± 0.13 aD	51.87± 1.63 aB	51.18± 0.31 aD	51.43± 0.26 aD	50.07± 0.95 aB	50.29± 0.50 aC	50.59± 0.42 aC
YMFT1	55.70± 1.41 aA	56.24± 1.08 aAB	57.67± 0.15 aB	55.58± 0.32 aA	56.34± 0.37 aB	56.91± 1.29 aB	53.61± 0.73 aA	53.33± 2.13 aB	55.16± 1.32 aA
YMFT2	55.39± 0.78 aA	55.31± 3.17 aAB	56.47± 0.03 aC	55.51± 0.26 aA	54.94± 0.49 aC	55.41± 0.15 aC	53.06± 0.25 aA	53.36± 1.56 aB	53.16± 1.28 aB
YMFT3	56.41± 1.05 bA	57.18± 1.23 abA	58.98± 0.82 aA	56.87± 0.15 bA	57.47± 0.65 abA	58.26± 0.30 aA	53.89± 0.94 bA	56.39± 0.67 aA	56.12± 0.11 aA
YMFT4	55.70± 1.25 aA	56.47± 0.87 aA	57.43± 0.30 aB	56.48± 0.17 bA	57.76± 0.80 aA	58.14± 0.73 aAB	53.73± 0.53 bA	54.58± 0.51 abAB	55.00± 0.25 aA

西瓜植株上部、中部、下部叶片的 SPAD 值均呈增大趋势,在 PPSC3 下,各部位叶片 SPAD 值达到最大,与 PPSC1 相比,西瓜上部、中部、下部叶片的 SPAD 值分别增加 3.10%、2.94%、2.36%。对于西瓜上部叶片的 SPAD 值而言,喷施 YMFT1、YMFT2、YMFT4 叶面肥,PPSC1、PPSC2、PPSC3 之间无显著差异;喷施 YMFT3 叶面肥,PPSC3 处理显著高于 PPSC1 处理。对于西瓜中部、下部叶片的 SPAD 值而言,喷施 YMFT1、YMFT2 叶面肥,PPSC1、PPSC2、PPSC3 之间无显著差异;喷施 YMFT3、YMFT4 叶面肥,PPSC3 处理显著高于 PPSC1 处理。从以上结果得出,与喷施清水对照相比,喷施甲壳宝、菌加钙、纳米铁和黑水·康补 4 种叶面肥均可以显著提高西瓜植株上部、中部、下部叶片的 SPAD 值,其中喷施纳米铁和黑水·康补效果优于甲壳宝、菌加钙;喷施纳米铁的西瓜上部和中部叶片的 SPAD 值随着喷施次数的增多而增大。

2.3 4种叶面肥不同喷施次数处理对西瓜果实性状及品质的影响

由表 3 可知,不同叶面肥对西瓜果实纵径、横径、单果质量均有极显著影响;喷施次数对西瓜果实纵径、横径均有极显著影响,对西瓜单果质量有显著影响;不同叶面肥和喷施次数的交互作用对西

瓜纵径、横径、单果质量均无显著影响。由表 6 可知,在同一喷施次数下,不同叶面肥对西瓜单果质量的影响均表现为 YMFT4>YMFT3>YMFT1>YMFT2>QST0; 在 PPSC1、PPSC2、PPSC3 下, YMFT4、YMFT3、YMFT1 处理均显著高于清水对照;在 PPSC1、PPSC3 下, YMFT2 处理显著高于清水对照。在西瓜果实横径方面,在 PPSC1 下,不同叶面肥处理与对照无显著差异;在 PPSC2、PPSC3 下, YMFT3 处理和清水对照差异显著。在西瓜果实纵径方面,在 PPSC1 下, YMFT3 处理与对照呈显著差异;在 PPSC2 下, YMFT4、YMFT3 处理和对照差异显著;在 PPSC3 下,不同叶面肥处理和对照均呈显著差异。同一种叶面肥,西瓜单果质量随着喷施次数的增加而增大, PPSC3 达到最大。其中, YMFT4、YMFT3、YMFT2 处理在 PPSC3 下的西瓜单果质量与 PPSC1 呈显著差异,与 PPSC2 无显著差异; YMFT1、YMFT2、YMFT3 处理在 PPSC3 下的西瓜果实横径与 PPSC1 呈显著差异,与 PPSC2 无显著差异; YMFT1、YMFT4 处理在 PPSC3 下西瓜果实纵径与 PPSC1 呈显著差异,与 PPSC2 无显著差异。以上结果得出,与喷施清水对照相比,喷施甲壳宝、菌加钙、纳米铁和黑水·康补 4 种叶面肥均能增大西瓜单果质量,且随着喷施次数的增加,西

表 6 4 种叶面肥不同喷施次数处理对西瓜果实纵横径和果实质量的影响

Table 6 Effects of four foliar fertilizer of spraying times treatments on fruit transverse diameter and single of watermelon

处理 Treatment	单果质量 Single fruit mass/kg			果实横径 Fruit transverse diameter/mm			果实纵径 Fruit longitudinal diameter/mm		
	PPSC1	PPSC2	PPSC3	PPSC1	PPSC2	PPSC3	PPSC1	PPSC2	PPSC3
QST0(CK)	2.51± 0.01 aC	2.56± 0.04 aC	2.51± 0.04 aC	172.26± 3.89 aA	173.59± 1.58 aB	174.59± 1.13 aB	174.30± 1.30 aB	174.30± 1.61 aB	172.97± 0.47 aC
YMFT1	2.66± 0.02 aB	2.76± 0.11 abAB	2.80± 0.05 aB	172.87± 1.92 bA	175.60± 0.81 abAB	176.64± 1.39 aAB	175.03± 0.67 bB	177.49± 0.76 aAB	177.06± 1.12 aAB
YMFT2	2.65± 0.03 bB	2.69± 0.02 abBC	2.73± 0.03 aB	172.77± 0.51 bA	176.21± 1.76 aAB	177.03± 1.22 aAB	174.60± 0.30 aB	175.70± 1.04 aAB	175.88± 0.82 aB
YMFT3	2.70± 0.04 bAB	2.88± 0.04 aA	2.88± 0.05 aA	174.90± 0.66 bA	178.23± 1.74 aA	177.79± 0.35 aA	176.47± 0.67 aA	177.98± 1.76 aA	178.36± 0.79 aAB
YMFT4	2.75± 0.03 bA	2.89± 0.11 aA	2.90± 0.02 aA	173.43± 0.90 aA	175.85± 0.71 aAB	177.34± 2.29 aAB	175.13± 0.31 bAB	179.00± 3.18 aA	179.70± 2.63 aA

瓜单果质量增大,其中喷施纳米铁和黑水·康补的效果优于甲壳宝、菌加钙。与对照相比,喷施纳米铁 2~3 次,可以显著提高果实纵横径;喷施黑水·康补 2~3 次,可以显著提高西瓜果实纵径;喷施甲壳宝 3 次,可以显著提高西瓜果实纵径。

2.4 4种叶面肥不同喷施次数处理对西瓜果实可溶性固形物含量的影响

由表 3 可知,不同叶面肥对西瓜果实中心可溶

性固形物含量有极显著影响,对西瓜果实边缘可溶性固形物含量有显著影响;喷施次数对西瓜果实中心、边缘可溶性固形物含量均有极显著影响;不同叶面肥和喷施次数的交互作用对西瓜果实中心、边缘可溶性固形物含量均无显著影响。由表 7 可知,在同一喷施次数下,不同叶面肥在 PPSC1 下, YMFT1、YMFT2、YMFT3、YMFT4 处理的西瓜中心、边缘可溶性固形物含量与对照无显著差异;在

表7 4种叶面肥不同喷施次数处理对西瓜果实可溶性固形物含量的影响

Table 7 Effects of four foliar fertilizer of spraying times treatments on soluble solid content of watermelon

处理 Treatment	w(中心可溶性固形物) Center soluble solids content/%			w(边缘可溶性固形物) Edge soluble solids content/%		
	PPSC1	PPSC2	PPSC3	PPSC1	PPSC2	PPSC3
	QST0(CK)	10.37±0.06 aA	10.30±0.10 aB	10.35±0.05 aB	9.30±0.10 aA	9.37±0.15 aA
YMFT1	10.37±0.23 aA	10.62±0.19 aAB	10.75±0.26 aAB	9.37±0.03 aA	9.57±0.21 aA	9.67±0.33 aAB
YMFT2	10.40±0.17 aA	10.63±0.15 aAB	10.77±0.21 aAB	9.47±0.06 aA	9.55±0.05 aA	9.60±0.10 aAB
YMFT3	10.53±0.06 aA	10.78±0.40 aA	11.08±0.26 aA	9.37±0.15 aA	9.62±0.23 aA	9.87±0.35 aA
YMFT4	10.57±0.12 bA	10.68±0.18 abAB	11.08±0.38 aA	9.37±0.15 bA	9.53±0.15 abA	9.80±0.10 aA

PPSC2下, YMFT3处理的西瓜中心可溶性固形物含量显著高于对照;在PPSC3下, YMFT3、YMFT4处理的西瓜中心、边缘可溶性固形物含量显著高于对照。同一种叶面肥,随着喷施次数的增加,西瓜中心、边缘可溶性固形物含量呈增长趋势,PPSC3达到最大。其中, YMFT4处理在PPSC3下西瓜中心、边缘可溶性固形物含量均显著高于PPSC1,与PPSC2无显著差异。以上结果得出,与喷施清水对照相比,喷施甲壳宝、菌加钙、纳米铁和黑水·康补4种叶面肥均能够提高西瓜果实中心、边缘可溶性固形物含量,喷施黑水·康补3次可以显著提高西瓜中心、边缘可溶性固形物含量。

2.5 4种叶面肥不同喷施次数处理对产量的影响

由表3可知,不同叶面肥对西瓜产量有极显著

影响,喷施次数对西瓜产量有显著影响,二者的交互作用对西瓜产量有显著影响。由表8可知,在同一喷施次数下,各叶面肥在PPSC1下, YMFT1、YMFT2、YMFT3、YMFT4处理的西瓜产量较对照分别显著增产7.01%、6.44%、10.33%、11.21%,增产效果表现为YMFT4>YMFT3>YMFT1>YMFT2, YMFT4处理的西瓜产量显著高于YMFT1和YMFT2处理;各叶面肥在PPSC2下, YMFT1、YMFT3、YMFT4处理的西瓜产量显著高于清水对照, YMFT2处理的西瓜产量和清水对照无显著差异,各叶面肥处理较对照分别增产11.67%、9.62%、13.80%、16.58%,增产效果表现为YMFT4>YMFT3>YMFT1>YMFT2, YMFT4、YMFT3处理的西瓜产量显著高于YMFT2;叶面肥在PPSC3下,

表8 4种叶面肥不同喷施次数处理对西瓜产量的影响

Table 8 Effects of four foliar fertilizer of spraying times treatments on yield of watermelon

处理 Treatment	产量 Yield/(kg·hm ⁻²)			比CK+ Than CK+/%		
	PPSC1	PPSC2	PPSC3	PPSC1	PPSC2	PPSC3
	QST0(CK)	79 710.75±23.29 aD	80 567.85±47.09 aC	80 658.15±75.93 aC		
YMFT1	85 300.50±149.79 bBC	89 973.45±197.34 aAB	92 609.85±26.05 aB	7.01	11.67	14.82
YMFT2	84 844.95±57.98 cC	88 319.25±59.780 bBC	91 345.65±59.30 aB	6.44	9.62	13.25
YMFT3	87 941.40±137.77 cAB	91 686.45±37.18 bA	94 744.05±5.16 aA	10.33	13.80	17.46
YMFT4	88 645.80±86.97 bA	93 933.45±122.90 aA	95 119.05±27.6 aA	11.21	16.59	17.93

YMFT1、YMFT2、YMFT3、YMFT4处理的西瓜产量较对照分别显著增产14.82%、13.25%、17.46%、17.93%,增产效果表现为YMFT4>YMFT3>YMFT1>YMFT2, YMFT4与YMFT3处理的西瓜产量显著高于YMFT1和YMFT2。同一种叶面肥,随着喷施次数的增加,西瓜产量呈增加趋势,PPSC3达到最高,其中YMFT1、YMFT4处理在PPSC3下的西瓜产量显著高于PPSC1,与PPSC2无显著差异;YMFT2、YMFT3处理在PPSC3下的西瓜产量显著高于PPSC1和PPSC2, PPSC2显著高于PPSC1。以上结果得出,与喷施清水对照相比,喷施

甲壳宝、纳米铁和黑水·康补叶面肥能显著提高西瓜产量,且随着喷施次数的增加,西瓜产量增加,其中黑水·康补喷施效果最好,其次为纳米铁。

2.6 4种叶面肥不同喷施次数处理对西瓜生产效益的影响

由表9可知,在同一喷施次数下,各叶面肥在PPSC1下,产值和纯收入均表现为YMFT4>YMFT3>YMFT1>YMFT2,纯收入分别较对照增加了14.45%、13.23%、8.97%、8.18%;各叶面肥在PPSC2下,产值和纯收入均表现为YMFT4>YMFT3>YMFT1>YMFT2,纯收入分别较对照增加

表9 4种叶面肥不同喷施次数处理西瓜经济效益比较
Table 9 Comparison of economic benefits of four foliar fertilizer of spraying times treatments of watermelon

处理 Treatment	PPSC1				PPSC2				PPSC3			
	产值 Output/ (Yuan·hm ⁻²)	生产成本 Production input/ (Yuan·hm ⁻²)	纯收入 Net income/ (Yuan·hm ⁻²)	比CK+ Than CK+/%	产值 Output/ (Yuan·hm ⁻²)	生产成本 Production input/ (Yuan·hm ⁻²)	纯收入 Net income/ (Yuan·hm ⁻²)	比CK+ Than CK+/%	产值 Output/ (Yuan·hm ⁻²)	生产成本 Production input/ (Yuan·hm ⁻²)	纯收入 Net income/ (Yuan·hm ⁻²)	比CK+ Than CK+/%
QST0(CK)	199 277.00	48 810	150 466.95		201 419.70	48 810	152 609.70		201 645.50	48 810	152 835.45	
YMFT1	213 251.30	49 290	163 961.25	8.97	224 933.70	49 770	175 163.70	14.78	231 524.70	50 250	181 274.70	18.61
YMFT2	212 112.50	49 335	162 777.45	8.18	220 797.75	49 860	170 937.75	12.01	228 364.20	50 385	177 979.20	16.45
YMFT3	219 853.50	49 485	170 368.50	13.23	229 215.75	49 485	179 730.75	17.77	236 860.20	49 485	187 375.20	22.60
YMFT4	221 614.50	49 410	172 204.50	14.45	234 833.70	50 010	184 823.70	21.11	237 797.70	50 610	187 187.70	22.48

了21.11%、17.77%、14.78%、12.01%；各叶面肥在PPSC3下，产值表现为YMFT4>YMFT3>YMFT1>YMFT2，纯收入表现为YMFT3>YMFT4>YMFT1>YMFT2，纯收入分别较对照增加了22.60%、22.48%、18.61%、16.45%。同一种叶面肥，产值和纯收入随着喷施次数的增多呈增加趋势，均在PPSC3达到最大。

3 讨论与结论

叶面肥喷施是现代农业生产中比较重要的施肥方法之一，可促进作物生长发育，具有提升产量和品质的作用^[3]。徐茜^[13]等研究表明，喷施氨基酸可以改善农作物营养状况，促使营养元素吸收，提升产量。宋远辉等^[14]研究表明，在茄子结果期喷施氨基酸水溶性叶面肥后可以显著提升茄子结果期的SPAD值、单果质量和产量。谢英添等^[3]研究表明，喷施含氨基酸的水溶肥，能提高西瓜叶片叶绿素含量和产量，显著提高西瓜中心可溶性固形物含量。王玉霞等^[15]研究表明，喷施氨基酸能增加大樱桃果实可溶性固形物含量和单果质量。赵银平等^[16]在番茄上喷施钙-微量元素氨基酸螯合肥能显著促进植株的生长发育，显著提高番茄产量。本研究结果表明，与清水对照相比，喷施甲壳宝(氨基酸水溶肥)能显著提高西瓜叶片叶绿素含量和单果质量及产量，这与在叶菜型甘薯、罗汉果和樱桃番茄上的研究结果基本一致^[13,17-18]。

叶面喷施微生物菌肥可有效改善作物农艺性状、提升产量和品质^[19]。吴小丹等^[20]研究表明，喷施微生物菌肥能有效增加百合鳞茎产量，提高抽茎后百合植株的茎粗，显著提高了鳞茎中蔗糖的含量。陈铭等^[21]增施枯草芽孢杆菌生物菌肥，青钱柳地径有所增加，显著增加复叶面积和总叶绿素含量。本试验研究表明，与对照相比，喷施黑水·康补(微生物菌肥)能显著增加西瓜的叶长、叶宽、叶绿素含量，显著提高单果质量和产量，喷施黑水·康补3次能显著提高西瓜果实中心和边缘的可溶性固形物含量；喷施菌加钙能显著提高西瓜叶片叶绿素含量和单果质量，这与武纪蔓^[22]在番茄、张建海^[23]在贝母、熊春霞^[24]在延胡索施用微生物菌肥后产量显著增加、果实品质得到改善的结论相同。

铁不仅是光合作用中叶绿素合成的重要元素，还参与植物的呼吸作用，促进能量的释放及转移^[25]。苏蔚^[26]在水培芥蓝中加入不同浓度的铁，随铁浓度的增大芥蓝叶片叶绿素含量增加，芥蓝品质显著提升。张玉静等^[25]研究表明，喷施铁能促进番

茄植株节间生长,显著提高番茄叶片净光合速率,显著促进果实中总酚和类黄酮的积累及还原糖含量的提升。安珍等^[27]研究表明,喷施不同类型的铁肥,均可增加马铃薯植株株高和茎粗。孙小龙等^[28]研究表明,喷施铁肥后,马铃薯产量增加。本试验结果表明,与喷施清水对照相比,喷施纳米铁后,促进了西瓜植株生长,提高了单果质量、产量及可溶性固形物含量,这与惠领等^[29]在马铃薯上的研究结果相同。这主要与铁元素能够提高植株光合作用,同时增强光合相关酶活性,有利于生长素、赤霉素和脱落酸的合成,增强蔗糖合成酶、蔗糖磷酸合成酶、中性转化酶和酸性转化酶活性有关^[25]。

沈轶舒^[30]在水稻上分别喷施氨基酸、微生物为主的叶面肥1次和2次,研究表明,喷施2次的产量高于1次,但二者之间无显著差异。谢英添等^[5]在西瓜上喷施氨基酸类、微生物类叶面肥1次和2次,结果表明,喷施2次叶面肥的西瓜茎粗和叶片的叶绿素含量高于喷施1次。本试验研究表明,喷施甲壳宝2~3次,西瓜叶长、叶宽、茎粗、果实纵径、产量均显著高于喷施1次;喷施菌加钙2~3次,西瓜叶宽、产量显著高于喷施1次;喷施纳米铁2~3次,西瓜叶宽、叶片下部的叶绿素含量、单果质量、产量均显著高于喷施1次;喷施黑水·康补2~3次,西瓜叶宽、茎粗、中部叶片叶绿素含量、单果质量和产量均显著高于喷施1次。

综上所述,喷施黑水·康补和纳米铁对西瓜的产量提升效果较好,种植效益高,且随着喷施次数的增加,西瓜品质和产量提升。4种叶面肥随着喷施次数的增加,西瓜叶长、茎粗、单果质量、可溶性固形物含量及产量均呈增长趋势,喷施3次大于喷施1次,但各种叶面肥喷施最佳次数对西瓜产量和品质提升效果的影响还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 陈亮,栾倩倩,蔺毅,等.不同灌溉定额对设施黄沙基质栽培西瓜光合特性及产量、品质的影响[J].中国瓜菜,2023,36(1):72-78.
- [3] 谢英添,马江黎,吴文丽,等.7种不同叶面肥对西瓜生长、产量和品质的影响[J].中国瓜菜,2021,34(12):63-67.
- [4] 王炎,李振宙,周良,等.叶面喷施硼肥对苦荞根际土壤养分、植株生长及产量的影响[J].南方农业学报,2018,49(2):253-257.
- [5] 李燕婷,李秀英,肖艳,等.叶面肥的营养机理及应用研究进展[J].中国农业科学,2009,42(1):162-172.
- [6] BROWN P H. Transient nutrient deficiencies and their impact on yield: A rationale for foliar fertilizers?[J]. Acta Horticulture, 2001,564:217-223.
- [7] MOHAMED S A, ADEL S E, MOHAMED D H D, et al. Impact of nano- micronutrients as foliar fertilization on yield and quality of sugar beet roots[J]. Pakistan Journal of Biological Sciences, 2020,23(11):1416-1423.
- [8] 刘志刚,任红松,买买提·艾合买提,等.氨基酸硒叶面肥对吐鲁番秋季露地甜瓜叶片早衰生理特性的影响[J].新疆农业科学,2021,58(6):1078-1085.
- [9] 刘冰雁,王亮,杨林先,等.不同配方叶面肥对苹果梨叶绿素、产量及果实品质的影响[J].安徽农业科学,2021,49(9):156-158.
- [10] 徐宁,张方园,曹娜,等.硅叶面肥对夏玉米生长发育、产量和品质的影响[J].江苏农业科学,2019,47(14):74-77.
- [11] 宋希梅,白如意,贾蓝溪,等.叶面喷施硒肥、海藻糖对西瓜产量和品质的影响[J].中国瓜菜,2023,36(7):31-37.
- [12] 刘鑫萍,孟桂香,曾海珍,等.不同类型叶面肥对瓜类蔬菜产量和品质影响的 Meta 分析[J].现代农业科技,2024(2):27-30.
- [13] 徐茜,曾新宇,肖波,等.叶面肥对叶菜型甘薯茎尖产量和品质的影响[J].作物杂志,2023(3):183-187.
- [14] 宋远辉,明家琪,黄金香,等.喷施不同叶面肥对茄子品质和产量的影响[J].中国瓜菜,2024,37(6):154-158.
- [15] 王玉霞,李芳东,张福兴,等.氨基酸叶面肥在大樱桃上的应用初报[J].烟台果树,2018(4):9-10.
- [16] 赵银平,赵增寿,孙利萍,等.叶面肥对设施番茄产量、品质及经济效益的影响[J].中国瓜菜,2022,35(1):60-64.
- [17] 李晓霞,陈乐,徐洁,等.四种叶面肥施用对罗汉果甜苷V含量的影响[J].南方园艺,2018,29(2):10-14.
- [18] 胡晨曦,张永吉,李子恒,等.不同叶面肥喷施时期对樱桃番茄生长和产量的影响[J].长江蔬菜,2020,10(22):66-69.
- [19] 武杞蔓,张金梅,李玥莹,等.有益微生物菌肥对农作物的作用机制研究进展[J].生物技术通报,2021,37(5):221-230.
- [20] 吴小丹,高丽,巩天耕,等.微生物菌肥和腐植酸复合肥对百合生长和光合特性的影响[J/O].中国农业科技导报, [2024-09-19].<https://doi.org/10.13304/j.nykjdb.2023.0704>.
- [21] 陈铭,罗军,王红霞,等.不同叶面肥对青钱柳生长及叶片品质的影响[J].温带林业研究,2024,7(3):52-56.
- [22] 武杞蔓,刘朋宇,张颖,等.微生物菌肥对番茄生长、品质及糖代谢相关酶的影响[J].江苏农业科学,2022,50(24):125-130.
- [23] 张建海,王向平,冯彬彬,等.错株种植和增施菌肥对太白贝母光合特性、产量及品质的影响[J].西北农业学报,2022,31(5):628-639.
- [24] 熊春霞,张静,蒋费涛,等.不同微生物菌肥处理对延胡索产量和品质的影响[J].南方农业学报,2020,51(5):1159-1168.
- [25] 张玉静,张铨锋,栗国栋,等.铁锌硒配施对番茄生长、果实抗氧化能力和糖代谢的影响[J].中国土壤与肥料,2024(8):154-162.
- [26] 苏蔚,王坚,宋世威,等.铁浓度对水培芥蓝生长、品质及生理特性的影响[J].中国农业科技导报,2016,18(1):46-52.
- [27] 安珍,张茹艳,周春涛,等.铁肥对马铃薯生理特性、产量及品质的影响[J].江苏农业学报,2022,38(4):931-938.
- [28] 孙小龙.不同锌肥及锌、铁配施对旱作马铃薯产量和营养品质及其形成规律的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2014.
- [29] 惠领,谢军红,李玲玲,等.施铁、锌肥对陇中旱农区马铃薯光合特性和产量的影响[J].甘肃农业大学学报,2023,58(2):68-76.
- [30] 沈轶舒.水稻穗期喷施叶面肥对植株生长和产量的影响[J].农业科技通讯,2020(9):74-76.