

肌醇与有机水溶肥料配施在网纹甜瓜上的应用效果

黄 剑¹, 许崇赞², 张冬梅¹

(1. 泰安市农业技术推广中心 山东泰安 271000; 2. 山东农业大学 山东泰安 271000)

摘 要:为探究肌醇与有机水溶肥料配施对网纹甜瓜的应用效果,以网纹甜瓜品种维蜜为试验材料,设置滴灌清水为对照(CK),以滴灌有机水溶肥为 T1 处理,滴灌肌醇与有机水溶肥为 T2 处理,研究不同处理对网纹甜瓜产量、品质及土壤酶活性的影响。结果表明,肌醇与有机水溶肥料配施处理对网纹甜瓜产量、品质的影响效果显著,与 T1 处理相比,单瓜质量、产量分别显著提高 3.23%、3.22%;在果实品质方面,可溶性固形物和可溶性总糖含量分别显著提高 0.55 和 0.19 百分点,维生素 C 含量显著升高 8.82%;在土壤酶活性方面,T2 处理的根际土壤脲酶、过氧化氢酶、蔗糖酶、酸性磷酸酶活性分别显著提高 7.76%、8.50%、11.18%和 6.00%。此外,T2 处理的网纹甜瓜根系总长度和体积均显著增加。相关性分析表明,网纹甜瓜产量和部分品质指标与土壤酶活性呈显著正相关。综上,肌醇与有机水溶肥料配施可以显著提高网纹甜瓜的产量及品质。本研究结果为肌醇与有机水溶肥配施在甜瓜生产中的应用奠定了基础。

关键词:网纹甜瓜;肌醇;有机水溶肥料;应用效果

中图分类号:S652

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2026)07-147-06

Application effect of inositol combined with organic water-soluble fertilizers on netted melon

Huang Jian¹, Xu Chongzan², Zhang Dongmei¹

(1. Taian Agro-tech Extension and Service Center, Taian 271000, Shandong, China; 2. Shandong Agricultural University, Taian 271000, Shandong, China)

abstract: To explore the application effect of inositol combined with organic water-soluble fertilizer on netted melon, the variety Weimi was used as experimental material, drip irrigation with clear water was set as the control (CK), drip irrigation with organic water-soluble fertilizer as treatment T1, and drip irrigation with inositol combined with organic water-soluble fertilizer as treatment T2. The effects of different treatments on the yield, quality, and soil enzyme activity of netted melon were studied. The results showed that the combined application of inositol and organic water-soluble fertilizer significantly improved the yield and quality of netted melon. Compared with the T1 treatment, the average single fruit mass and yield significantly increased by 3.23% and 3.22%, respectively; in terms of fruit quality, the soluble solids and the total soluble sugar content increased significantly by 0.55 and 0.19 percentage points, and the vitamin C content significantly increased by 8.82%; in terms of soil activity, the T2 treatment significantly increased the activity of rhizosphere soil urease, catalase, sucrase, and acid phosphatase by 7.76%, 8.50%, 11.18%, and 6.00%, respectively. In addition, the root total length and volume of netted melon in the T2 treatment significantly increased. Correlation analysis showed that the yield and some quality indicators of netted melon were significantly positively correlated with soil enzyme activity. In summary, the combined application of inositol and organic water-soluble fertilizer can significantly improve the yield and quality of netted melon. The results of this study lay a foundation for the application of inositol combined with organic water-soluble fertilizer in melon production.

key words: Netted melon; Inositol; Organic water-soluble fertilizer; Application effect

收稿日期:2026-04-06;修回日期:2026-05-26

基金项目:山东省重点研发计划(2021CXGC010804)

作者简介:黄 剑,男,高级农艺师,主要从事土壤肥料方面技术研究及推广工作。E-mail:tanyjhj@163.com

通信作者:张冬梅,女,高级农艺师,主要从事土壤肥料方面技术研究及推广工作。E-mail:zdm6169677@163.com

网纹甜瓜 (*Cucumismelo* L. var. *reticulates* Naud) 为葫芦科黄瓜属^[1], 营养丰富, 果实香甜, 汁液充沛, 香气独特^[2]。因成熟后覆有网状裂纹, 故称其为网纹甜瓜^[3]。网纹甜瓜原产于日本, 近年来在我国各地广泛种植^[4]。当前, 网纹甜瓜的长期连作与过量施肥导致种植区域土壤养分比例失衡, 理化性质恶化^[5], 有益微生物丰度降低^[6], 进而造成产量和品质逐年下降^[7], 严重制约网纹甜瓜产业的健康发展。随着现代农业技术体系的不断更迭, 研究不同新型肥料配施以解决设施种植中的土壤问题, 已成为提升农业综合生产效益的发展方向^[8]。

肌醇作为重要的植物次生代谢产物^[9], 近年来备受学者关注。郭元飞等^[10]研究表明, 肌醇的合理使用可以增强水稻幼苗的抗寒性, 从而提高产量; 李婷等^[11]也证实外源肌醇可以有效提高草莓的产量与品质。而有机水溶肥料是以自然界中富含有机质的物质为原料, 经过特殊工艺处理制备而成^[12], 具有营养全面、功能温和、易被作物吸收等特点^[13-14]。近年来, 国内外研究热点聚焦于利用动物残体制备

有机水溶肥料^[15-16], 以蚯蚓为原料制得的有机水溶肥含有丰富的蛋白水解酶^[17-18]与螯合态微量元素^[19], 对作物提质增效具有显著效果。

目前, 关于肌醇与水溶肥料配施对网纹甜瓜影响的研究还未见报道。鉴于此, 笔者以网纹甜瓜为研究对象, 创新性地构建肌醇-有机水溶肥的施肥体系(有机水溶肥配施肌醇), 量化各处理下网纹甜瓜的产量、品质及土壤酶活性等关键指标, 以期通过新型肥料的合理配施, 突破传统连作种植模式下网纹甜瓜产量下降及品质退化等行业发 展 瓶 颈, 为网纹甜瓜产业的可持续发展提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2024 年 2—7 月在山东省肥城市王庄镇前于村大棚内进行。试验区域面积 2 hm²。试验区地处温带季风气候区, 四季分明, 光照充足, 成土母质为洪积母质, 土壤质地为壤土, 类型属褐土。试验地的基础土壤性质见表 1。

表 1 试验地块土壤性质
Table 1 Soil property of the experimental plot

土层深度 Soil depth/cm	pH	w(有机质) Organic matter content/(g·kg ⁻¹)	w(碱解氮) Alkali-hydrolyzed nitrogen content/(mg·kg ⁻¹)	w(有效磷) Available phosphorus content/(mg·kg ⁻¹)	w(速效钾) Available potassium content/(mg·kg ⁻¹)	土壤容重 Soil bulk/ (g·cm ⁻³)	土壤总孔隙度 Soil total porosity/%
0~20	6.77	12.55	128.59	40.16	126.51	1.38	46.77
20~40	6.86	11.86	133.57	41.78	125.32	1.42	44.52

1.2 材料

1.2.1 供试品种 供试网纹甜瓜品种为维蜜, 种苗购自肥城市种子公司。

1.2.2 蚯蚓提取液有机水溶肥的制备 蚯蚓残体过水清洗, 去除杂质后破碎研磨, 并加入其质量 10 倍的清水。然后将蚯蚓浆液加入发酵罐中, 添加蚯蚓质量 0.1% 的纳豆芽孢杆菌, 搅拌均匀后加热至 25~40℃, 保温发酵 36~40 h。在经发酵之后的蚯蚓浆液中添加蚯蚓质量 0.5% 的蛋白酶, 搅拌均匀后加热至 40~50℃, 保温酶解 3 h。将酶解之后的溶液过滤得上清液, 并均匀加入上清液总量 2%~5% 的水溶性霉菌抑制剂, 当检测结果满足(N+P₂O₅+K₂O)含量(ρ, 后同)≥50 g·L⁻¹、有机质含量≥100 g·L⁻¹时, 即得本试验所需的有机水溶肥料, 所需有机水溶肥料由山东金地肥业科技有限公司友情馈赠, 肌醇(纯度≥99%)购自泰安福美达农业科技有限公司。

1.3 试验设计

设施栽培网纹甜瓜行距 1 m, 株距 0.4 m, 吊蔓

栽培, 种植密度 22 500 株·hm⁻²。试验采用完全随机区组设计, 设 3 个处理, 每个处理重复 3 次, 每个小区面积 67 m², 基肥选用复合肥料[N 含量(w, 后同)≥10%、P₂O₅ 含量≥10%、K₂O 含量≥30%, 山东友邦肥业科技有限公司]1200 kg·hm⁻² 和发酵堆肥 15 000 kg·hm⁻², 人工撒施后旋耕, 追肥滴灌水来自地下水, 灌溉采用滴灌方式。追肥对照组(CK): 盛瓜期滴灌等量清水 3 次, 每次用水量 150 000 L·hm⁻², 每次间隔 10 d; 处理 1(T1): 盛瓜期滴灌有机水溶肥 3 次, 每次用肥量 300 L·hm⁻², 稀释 500 倍施用, 每次间隔 10 d; 处理 2(T2): 盛瓜期滴灌有机水溶肥 300 L·hm⁻²+肌醇 300 g·hm⁻², 共 3 次, 稀释 500 倍施用, 每次间隔 10 d。采用单蔓整枝, 13~15 节位留瓜, 及时疏除多余侧枝及幼瓜。

1.4 检测指标及方法

1.4.1 网纹甜瓜产量、单瓜质量及果实横径和纵径的测定 在网纹甜瓜果实收获后, 统计试验区单株产量, 计算各小区产量均值, 并测算单位面积产量

($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)。针对采集的果实样本,使用分析天平(BSA6202S-CW,哥廷根市,德国)称单瓜质量,并计算平均单瓜质量。果实纵径用游标卡尺测量果实基部到顶部的长度,果实横径用游标卡尺分别测量果实中间宽边和窄边的距离,取2组数据的平均值。

1.4.2 网纹甜瓜内在品质的测定 每个处理随机选取成熟期有代表性的果实3个用于测定果实品质。采用PAL-1型折射仪测定可溶性固形物含量^[20];采用蒽酮比色法测定可溶性总糖含量^[21];采用NaOH滴定法测定有机酸含量^[22];采用2,6-二氯酚靛酚法测定维生素C含量^[23]。

1.4.3 收获后土壤酶活性的测定 网纹甜瓜采收后,分别在3个处理的地块取0~20 cm的土壤样本,采用苯酚钠-次氯酸钠比色法测定脲酶活性,采用磷酸苯二钠比色法测定酸性磷酸酶活性,采用3,5-二硝基水杨酸比色法测定蔗糖酶活性,采用高锰酸钾滴定法测定过氧化氢酶活性^[24]。

1.4.4 收获后根系性状的测定 在收获时使用根钻对各小区随机选取6株具有代表性的植株进行

测定。采用EPSON Perfection V700型根系扫描仪测量网纹甜瓜的根长、根表面积及根系体积等根系生长指标^[25]。

1.5 数据处理

采用Microsoft Excel 2017统计试验数据;采用SPSS18.0软件进行单因素方差分析和LSD组间多重比较分析;采用皮尔逊(Pearson)相关系数法分析指标间的相关性;采用Origin 2022绘图。

2 结果与分析

2.1 不同处理对网纹甜瓜产量及果实特性的影响

由表2可知,各处理对单瓜质量、产量以及果实纵径、横径均有显著影响,其中T2处理的效果最为显著。与CK相比,T2处理的纵径显著提高9.50%,横径显著提高9.52%,单瓜质量显著提高10.34%,产量显著提高9.23%;T1处理的纵径、横径、单瓜质量和产量较CK均显著提高。相较于T1处理,T2处理的纵径、横径、单瓜质量和产量分别显著提高3.50%、4.58%、3.23%和3.22%。由此可见,T2处理对网纹甜瓜产量及果实性状的影响最显著。

表2 不同处理对果实单果质量、产量、果实纵径和横径的影响

Table 2 Effects of different treatments on single fruit mass, yield, longitudinal diameter and transverse diameter of fruit				
处理 Treatment	单瓜质量 Single fruit mass/kg	产量 Yield/($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	果实纵径 Longitudinal diameter of fruit/cm	果实横径 Transverse diameter of fruit/cm
CK	1.74±0.02 c	38 596.94±554.90 c	15.37±0.15 c	15.23±0.06 c
T1	1.86±0.02 b	40 846.70±522.82 b	16.26±0.23 b	15.95±0.09 b
T2	1.92±0.02 a	42 160.46±499.96 a	16.83±0.17 a	16.68±0.05 a

注:同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著。下同。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

2.2 不同处理对果实品质的影响

如表3所示,T2处理对网纹甜瓜品质的调控呈现多维增效作用。与CK相比,T2处理的可溶性固形物含量显著升高1.42个百分点,可溶性总糖含量显著提升1.35个百分点,有机酸含量显著降低0.16个百分点,维生素C含量显著升高19.70%;相较于T1处理,T2处理在果实品质上同样呈现出明显优势,可溶性固形物、可溶性总糖含量分别显著升高0.55、0.19个百分点,维生素C含量显著升高8.82%。

由此可见,T2处理在提升网纹甜瓜品质方面,相较于CK、T1处理展现出更为显著的效果。

2.3 不同处理对土壤酶活性的影响

由表4可知,与CK和T1处理相比,T2处理能显著提升土壤酶活性。T2处理的脲酶活性达 $1.25\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,较CK和T1处理分别显著提高8.70%和7.76%;过氧化氢酶活性达 $9.83\text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,较CK和T1处理分别显著提高17.16%和8.50%;蔗糖酶活性达 $10.24\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,较CK和

表3 不同处理对果实品质的影响

Table 3 Effects of different treatments on quality of fruit				
处理 Treatment	w(可溶性固形物) Soluble solids content/%	w(可溶性总糖) Total soluble sugar content/%	w(有机酸) Organic acid content/%	w(维生素C) Vitamin C content/($\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$)
CK	14.83±0.18 c	11.53±0.12 c	2.87±0.03 a	46.69±0.90 c
T1	15.70±0.21 b	12.69±0.16 b	2.64±0.02 c	51.36±0.84 b
T2	16.25±0.34 a	12.88±0.14 a	2.71±0.01 b	55.89±0.52 a

表 4 不同处理对收获后土壤酶活性的影响
Table 4 Effects of different treatments on soil enzyme activity after harvest

处理 Treatment	脲酶活性 Urease activity/(mg·g ⁻¹ ·d ⁻¹)	过氧化氢酶活性 Catalase activity/(mL·g ⁻¹ ·d ⁻¹)	蔗糖酶活性 Sucrase activity/(mg·g ⁻¹ ·d ⁻¹)	酸性磷酸酶活性 Acid phosphatase activity/(mg·g ⁻¹ ·d ⁻¹)
CK	1.15±0.06 b	8.39±0.17 c	9.18±0.07 b	10.14±0.06 c
T1	1.16±0.07 b	9.06±0.15 b	9.21±0.08 b	10.17±0.06 b
T2	1.25±0.05 a	9.83±0.18 a	10.24±0.13 a	10.78±0.05 a

T1 处理分别显著提高 11.55%和 11.18%;酸性磷酸酶活性达 10.78 mg·g⁻¹·d⁻¹,较 CK 和 T1 处理分别显著提高 6.31%和 6.00%。T1 处理的土壤脲酶和蔗糖酶活性高于 CK,但差异不显著;而过氧化氢酶和酸性磷酸酶活性显著高于 CK。以上结果表明,T2 处理在改善土壤质量方面的效果优于 T1 处理。

2.4 不同处理对根系形态指标的影响

由表 5 可知,T2 处理与 CK 和 T1 处理相比,对

网纹甜瓜根系性状产生了显著优化效应,总根长达到 10 847.69 cm,较 CK 显著增加 5.66%;较 T1 处理显著增加 1.56%;T2 处理的根表面积与根体积分别为 1 129.94 cm² 和 34.73 cm³,较 CK 分别显著增加 7.22%和 22.81%,较 T1 处理分别增加 5.06%和 9.77%。值得注意的是,T2 处理的根体积与总根长增幅分别是 T1 处理的 1.10 倍和 1.02 倍,表明肌醇的施用使网纹甜瓜根系变得粗而健壮,抗逆境能力明显增强。

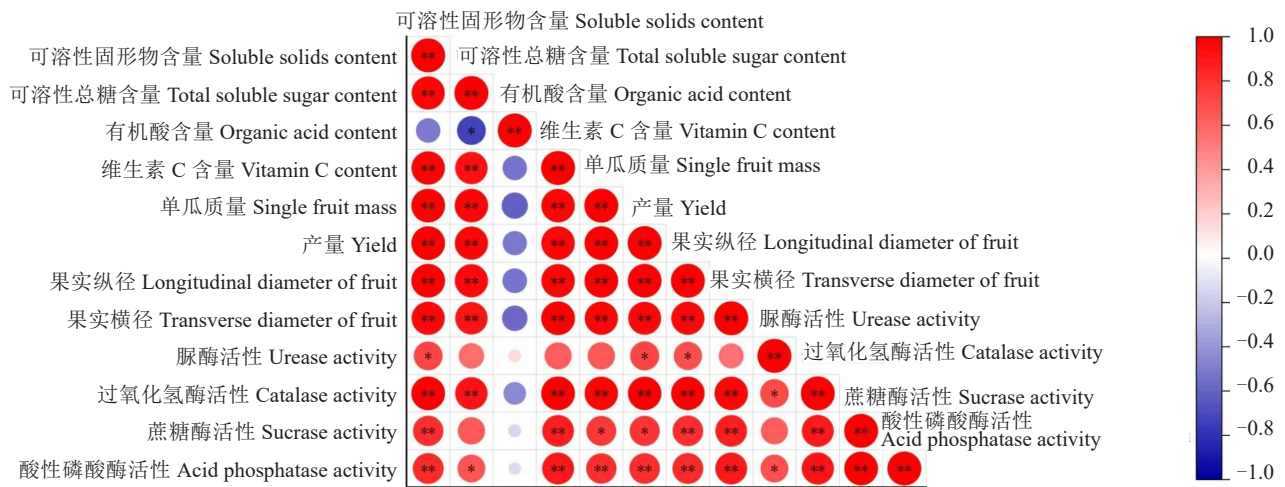
表 5 不同处理对收获后根系形态指标的影响
Table 5 Effects of different treatments on root morphological indicators after harvest

处理 Treatment	总根长 Total root length/cm	根表面积 Root surface area/cm ²	根体积 Root volume/cm ³
CK	10 266.70±107.82 c	1 053.86±14.69 b	28.28±0.68 c
T1	10 680.80±124.00 b	1 075.52±15.48 ab	31.64±0.71 b
T2	10 847.69±150.83 a	1 129.94±14.51 a	34.73±0.91 a

2.5 相关性分析

由图 1 可知,单瓜质量、产量及品质指标与土壤酶活性之间呈显著相关性。具体而言,网纹甜瓜产量与土壤过氧化氢酶和酸性磷酸酶活性均呈极显著正相关,与脲酶和蔗糖酶活性均呈显著正相

关;单瓜质量与土壤过氧化氢酶、酸性磷酸酶活性均呈极显著正相关,与蔗糖酶活性呈显著正相关;果实纵径和横径与土壤过氧化氢酶、酸性磷酸酶、蔗糖酶活性均呈极显著正相关;可溶性固形物和维生素 C 含量与土壤过氧化氢酶、蔗糖酶、酸性磷酸



注:*表示显著相关(P<0.05);**表示极显著相关(P<0.01)。

Note:* indicates significant correlation(P<0.05); ** indicates extremely significant correlation(P<0.01).

图 1 果实性状与土壤酶活性指标相关性分析

Fig. 1 Correlation analysis between fruit traits and soil enzyme activity

酶活性均呈极显著正相关。以上结果说明土壤酶活性显著影响网纹甜瓜的产量及部分品质指标。虽然喷施肌醇并不能够直接对土壤微生物的丰度起到提升作用,但能够通过影响土壤酶活性促进根系生长,从而缓解连作障碍对网纹甜瓜生长的影响,最终形成“根系生长-土壤酶活性提升-养分吸收”的正向循环,实现产量与品质的双提升。

3 讨论与结论

欧盟在 2022 年 7 月正式实施的肥料产品法规中,对生物刺激素(biostimulant)作出了明确定义:这类物质本身不含或仅含有微量营养元素,施用于植物或根际环境后可通过强化植物自身的自然生理过程,提高养分利用效率,增强植株对于干旱、盐害等逆境的抵御能力,进而提高作物品质与产量^[26]。生物刺激素虽不直接提供营养,却能有效促进植物生长,提升养分吸收与利用水平,同时增强作物的抗逆性能^[27]。而肌醇作为一种重要的生物刺激素,具备介导细胞间信号交流、参与蛋白质锚定以及储存磷酸盐等重要生理功能^[28],在提升作物抗逆能力方面展现出较大的应用潜力。已有研究证实,肌醇的合理使用可以提高草莓、番茄、苹果的产量与品质^[29-31]。这些都与本研究的结果一致,进一步佐证了生物刺激素与其他肥料配施的协同增效作用。推测其作用机制可归纳为如下三个方面:第一,肌醇与有机水溶肥料配施可以提高养分吸收与转运能力。肌醇作为生物刺激素,可以直接促使细胞分裂、伸长,还可以通过调控根系激素信号通路,诱导网纹甜瓜主根生长、侧根发生与根毛分化,提高根系活力,通过调控质膜 ATP 酶活性、介导磷酸肌醇跨膜转运,显著促进根系对有机水溶肥料中富含的磷、钙、硼、铜等关键元素的吸收^[32],形成“养分活化-吸收-转运-分配”的完整闭环,不仅提升了单一养分的吸收效率,更实现了多养分的协同转运,为网纹甜瓜果实发育提供稳定充足的营养供给,为产量与品质提升奠定物质基础。第二,肌醇与有机水溶肥料配施可以有效增强网纹甜瓜的抗逆境胁迫能力。网纹甜瓜的种植常面临干旱、低温等非生物胁迫,导致植株生长受阻,产量和品质下降。肌醇作为相容性渗透调节物质,可在逆境下的作物细胞内积累养分,维持细胞渗透压力,缓解渗透胁迫损伤。聂宇东等^[33]研究表明,肌醇能显著影响草地早熟禾的抗旱性生理性状;苗田田等^[34]通过研究低温环境对黄瓜幼苗造成的影响,发现肌醇能提高黄瓜

幼苗干鲜质量。任桂锦^[31]研究发现,肌醇处理可显著提升苹果的抗旱性,降低干旱胁迫下植株叶片失水率,提高叶片叶绿素含量和抗氧化酶活性,其调控机制与肌醇缓解作物逆境损伤的作用路径一致,进一步佐证了肌醇在作物抗逆栽培中的普遍应用价值,明确了肌醇在果菜类作物抗逆调控中的核心作用。第三,作物的生长性状是长期适应环境的结果,其生长状况的差异,主要取决于可利用资源水平及资源获取方式的不同。而生物量的积累与分配模式,能够直观反映作物在适应土壤及逆境环境过程中的自我调节能力^[35-36]。在本研究中,肌醇配施有机水溶肥处理可以有效提高土壤酶活性,推测原因是肌醇的施用可以有效促进网纹甜瓜根系生长与活力的增强,促进根系分泌更多有机碳、有机酸及肌醇衍生物,为根际微生物提供优质碳源与信号分子,刺激微生物增殖与胞外酶合成;同时优化根际微环境,增强酶稳定性并诱导磷酸酶、脲酶、蔗糖酶等关键土壤酶基因的表达,最终显著提高土壤酶活性,进而有利于网纹甜瓜的生长发育与果实品质形成,实现产量与品质的同步提高。

此外,比较已有研究与本研究结果,不难发现,肌醇作为生物刺激素,与有机水溶肥的配施模式,相较于单一施用有机水溶肥具有更为显著的调控效应,这充分体现了生物刺激素与有机水溶肥料的协同作用优势。这种协同作用不仅解决了单一施肥模式下养分利用率低、作物抗逆性不足等问题,还实现了“养地”与“养苗”的有机结合,既改善了土壤生长环境,又促进了作物生长发育,为缓解网纹甜瓜连作障碍提供了新的思路和技术路径。但目前关于两者配施的分子机制研究仍较为薄弱,后续可进一步深入探究肌醇调控网纹甜瓜根系生长、养分吸收及抗逆性的分子途径,明确肌醇与有机水溶肥协同作用的内在机制,为该施肥体系的优化和推广提供更可靠的理论依据。

综上所述,肌醇与有机水溶肥配施是一种对网纹甜瓜产量、品质以及土壤酶活性具有积极作用的施肥方式。本研究虽然初步探究了其在网纹甜瓜生产中的调控作用,但在实际应用中仍需关注不同配施比例对网纹甜瓜生理响应的效应关系,为网纹甜瓜的施肥体系优化提供准确可靠的数据支持。

参考文献

- [1] 张明方,李志凌,陈昆松,等.网纹甜瓜发育果实糖分积累与蔗糖代谢参与酶的关系[J].植物生理与分子生物学学报,2003,29(5):455-462.

- [2] 黄剑. 不同比例蚯蚓粪有机肥替代化肥对网纹瓜生长及土壤的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2025(6): 53-59.
- [3] 俞丽红, 俞斌, 颜韶兵. 春季网纹甜瓜品种比较试验[J]. 长江蔬菜, 2022(16): 38-40.
- [4] 刘中华, 张容, 王海林. 北京中网类型网纹甜瓜品种筛选试验[J]. 农业科技通讯, 2019(12): 110-112.
- [5] 周金蒙. 北方甜瓜设施栽培土壤现状及改良措施[J]. 吉林农业, 2018(12): 72-73.
- [6] 黄剑, 王健, 李晓阳, 等. 氨基丁酸与有机肥料配施对连作马铃薯产量、品质和土壤活性的影响[J]. 天津农业科学, 2025, 31(7): 79-84.
- [7] 郭亚雯, 崔建钊, 孟延, 等. 设施早熟西瓜和甜瓜的化肥施用现状及减施潜力[J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26(5): 858-868.
- [8] 秦立金, 尹慧来, 王塔娜, 等. 复合微生物菌剂与生物有机肥复配对甜瓜增产提质抗病的研究[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2021, 37(12): 40-44.
- [9] 江姣, 李婷, 于琪, 等. 外源肌醇对小果型西瓜长势、品质及产量的影响[J]. 蔬菜, 2025(7): 78-84.
- [10] 郭元飞, 甘立军, 朱昌华, 等. 肌醇对水稻幼苗抗寒性的影响[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(6): 1216-1221.
- [11] 李婷, 吴丹, 马欣, 等. 外源肌醇对草莓生长和品质的影响[J]. 天津农业科学, 2024, 30(1): 1-5.
- [12] 周霞, 李成忠, 梁大刚. 有机水溶肥对牡丹脂肪酸含量、土壤碳活性与利用的影响[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(4): 239-244.
- [13] Wu R M, Chen M S, Qin Y F, et al. Combined hydrothermal and biological treatments for valorization of fruit and vegetable waste into liquid organic fertilizer[J]. Environmental Research, 2023, 221: 115262.
- [14] Shi X J, Hao X Z, Li N N, et al. Organic liquid fertilizer coupled with single application of chemical fertilization improves growth, biomass, and yield components of cotton under mulch drip irrigation[J]. Frontiers in Plant Science, 2022, 12: 763525.
- [15] 林湘雪, 何咏梅, 辛恺达, 等. 鱼蛋白水溶氨基酸肥的制备及其对植物生长发育的影响[J]. 福建农业科技, 2024, 55(10): 21-28.
- [16] Grzegorz I, Katarzyna M, Dawid S, et al. Valorization of poultry slaughterhouse waste for fertilizer purposes as an alternative for thermal utilization methods[J]. Journal of Hazardous Materials, 2022, 424: 127328.
- [17] 蔡明才, 艾娜, 张梁, 等. 蚯蚓蛋白质的自溶与开发应用[J]. 生物学报, 2004, 39(4): 23-24.
- [18] 刘波, 谢骏, 郑小平, 等. 蚯蚓蛋白酶解工艺及其产物分析[J]. 上海水产大学学报, 2006, 15(1): 78-83.
- [19] 李成会, 武炜. 蚯蚓体内微量元素存在的形式及含量研究[J]. 家畜生态学报, 2009, 30(3): 32-33.
- [20] 鲁亚辉. 契斯曼尼番茄果实中可溶固形物含量及 β -胡萝卜素含量相关 QTL 分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.
- [21] 李红峥, 曹红霞, 郭莉杰, 等. 沟灌方式和灌水量对温室番茄综合品质与产量的影响[J]. 中国农业科学, 2016, 49(21): 4179-4191.
- [22] 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.
- [23] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [24] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [25] 余前媛, 贺宏. 双吉尔-GGR 对洋葱苗期根系形态及地上部生长的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(1): 121-126.
- [26] (EU)2019/1009 欧盟肥料产品法规[S].
- [27] 谢一夫, 许秋瑾, 夏青. 生物刺激素研究进展及其对解决中国农业面源问题的启示[J]. 环境科学研究, 2025, 38(4): 830-839.
- [28] 钮旭光, 陈其军, 王学臣. 植物体内肌醇磷脂代谢与渗透胁迫信号转导[J]. 中国农学通报, 2006, 22(2): 199-202.
- [29] 周宇, 祝宁, 王赫, 等. 肌醇对草莓生长与品质的影响[J]. 中国果菜, 2023, 43(7): 63-66.
- [30] 黄文茵, 张白鸽, 常静静, 等. 外源肌醇对盐胁迫下番茄产量和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2025, 41(9): 73-80.
- [31] 任桂锦. 外源肌醇对苹果果实品质和抗旱性的影响[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2022: 36-39.
- [32] 姚慧, 夏凯. 肌醇对玉米幼苗低温胁迫伤害的缓解效应[J]. 作物杂志, 2014(4): 133-138.
- [33] 聂宇东, 高金永, 石凤翎, 等. 喷施肌醇对草地早熟禾的抗旱性生理影响[J]. 草原与草业, 2022, 34(3): 18-24.
- [34] 苗田田, 李强, 余宏军, 等. 外施肌醇对黄瓜幼苗低温抗性的影响[J]. 中国蔬菜, 2021(2): 72-79.
- [35] 李建新, 徐森, 杨丽婷, 等. 毛竹林下多花黄精构件生物量分配特征的年际效应[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2023, 47(5): 121-128.
- [36] 王小林, 徐伟洲, 张雄, 等. 黄土塬区夏玉米物质生产及水分利用对品种间作竞争的响应[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(3): 377-387.