

韩聪颖,马永杰,张雪艳. 有机-无机肥耦合滴灌对设施西瓜产量品质及土壤肥力的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(1):161-167.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.01.024

有机-无机肥耦合滴灌对设施西瓜产量品质及土壤肥力的影响

韩聪颖, 马永杰, 张雪艳

(宁夏大学农学院, 宁夏银川 750021)

摘要:为降低设施西瓜生产的化肥投入和提高西瓜品质,以黑帅西瓜为试验材料,进行2茬田间试验,探究有机-无机肥耦合对西瓜土壤特性及品质的影响。第一茬设计有机营养液(Y)、无机营养液(W)灌溉2个处理,第二茬设计有机营养液(Y)、无机营养液(W)、有机营养液+丰田宝(YF)、无机营养液+丰田宝(WF)4个处理。研究表明,相比无机营养液灌溉,有机营养液利于西瓜植株生长,降低土壤EC值,增加pH值,生物量与产量分别提高30.0%、11.7%,而在有机营养液中添加丰田宝有利于西瓜生长,在无机营养液中添加丰田宝能显著提升西瓜可溶性糖含量,达到6.59%,与有机营养液栽培具有相同的品质效果。无机营养液添加丰田宝可增加土壤全养分,连续种植西瓜会导致土壤中有机质、全氮、速效钾含量的显著降低。对各处理进行主成分综合得分评价,表明有机营养液处理得分高于无机营养液处理,添加丰田宝增加无机营养液处理得分,降低有机营养液处理得分。双因素方差分析结果表明,茬口和不同营养液灌溉两者交互作用对西瓜可溶性固形物含量有极显著影响。因此,有机营养液能增加设施西瓜土壤肥力和西瓜品质及产量,添加丰田宝可改善无机营养液灌溉设施西瓜土壤肥力和西瓜品质,不利于有机营养液。

关键词:有机营养液;西瓜品质;土壤肥力;有机-无机肥耦合;主成分分析

中图分类号:S146⁺.1;S651.06 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)01-0161-07

西瓜在我国有悠久的栽培历史,因其味美甘甜,备受人们喜爱^[1],到2020年,我国西瓜产量和面积均位列世界第一。宁夏日照充足、空气干燥、昼夜温差大,具有生产西瓜得天独厚的资源优势^[2],宁夏露地瓜栽培面积为52 317 hm²,设施西瓜栽培面积已达3 130 hm²,西瓜已然成为宁夏重要的经济作物,成为当地农民脱贫致富的重要途径^[3]。

设施西瓜是实现西瓜优质高产、保证周年供应的重要途径,而设施作物生长发育的一个重要因素是肥料,科学合理的肥水管理是实现优质高产的重要途径和保障。由于我国目前设施栽培领域的不成熟,大水大肥,粗放式的肥水管理模式依然占据主体地位^[4],设施作物缺少水分淋溶,随着施用年限的增加,无机营养液施用造成土壤次生盐渍化严重、生物多样性减少^[5]。有机肥替代无机肥近年来已成为主流趋势,戚嘉琦等研究发现氨基多糖水溶

肥能促进西瓜生长,提高土壤酶活性,改善土壤微生物群落结构^[6]。合理施用有机肥是提高瓜菜品质的措施,张长坤等研究发现无机肥减施25%以及施微生物菌肥6 000~7 500 kg/hm²可显著提高西瓜产量和品质^[7]。张琼等认为长效缓释专用肥作为基肥一次性施入,整个生育期无需追肥,可提高西瓜单株坐果率,提升质量,节约成本,使效益达到最大化^[8]。姜灿烂等通过长期定位试验发现,在单施化肥的基础上有机肥的施入不仅有利于红壤旱地土壤大团聚体的形成,还有利于改善土壤团聚体结构及其稳定性,有机营养液替换无机营养液可改善土壤理化性质和肥力,减少连作土壤部分养分流失和富集,对促进西瓜可持续高质量发展具有重要意义^[9]。

本研究以设施西瓜黑帅为试验对象,探究有机-无机肥耦合对设施西瓜土壤肥力和品质的影响,旨在解决设施西瓜可持续高质量生产障碍,为宁夏设施西瓜高品质栽培养液提供一种新的策略。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验地点为宁夏贺兰县园艺产业园玻璃温室A5(106°33'E,38°58'N)。供试西瓜品种为黑帅,高

收稿日期:2022-03-06

基金项目:宁夏重点研发项目(编号:2021BBF03002)。

作者简介:韩聪颖(1997—),男,宁夏固原人,硕士研究生,研究方向为设施园艺栽培生理与生态。E-mail:1697526819@qq.com。

通信作者:张雪艳,博士,教授,硕士生导师,现主要从事设施蔬菜栽培与生理等研究工作。E-mail:zhangxueyan123@sina.com。

畦栽培,双行种植,株距 30 cm,行距 80 cm,试验分两茬进行,第一茬定植时间为 2020 年 4 月 22 日至 2020 年 7 月 1 日,第二茬定植时间为 2020 年 7 月 20 日至 2020 年 10 月 1 日。第一茬试验共设 2 个处理:有机(Y)和无机营养液(W),第二茬试验共设 4 个处理:无机营养液(W)、无机营养液+丰田宝(WF)、有机营养液(Y)、有机营养液+丰田宝(YF)。试验采用完全随机区组设计,每个处理 3 次重复,小区面积 30 m²,所有处理统一底肥管理。田间施底肥二铵 450 kg/hm²,复混肥(N:P:K=20:20:20) 450 kg/hm²,丰田宝生物肥 1 000 kg/hm²,丰田宝生物肥购自山东丰田宝生物有限公司,其中 N+P₂O₅+K₂O 含量≥6%,有机质含量≥20%,有效活菌数为 5×10⁷ 个/g,所有处理均采用滴灌,每 3 d 滴灌 1 次。有机、无机营养液配方见表 1。

表 1 有机营养和无机营养液配方

种类	物质名称	用量	
		苗期—开花期	坐果期—盛果期
有机营养液	L-丙氨酸	845.50 mg/L	436.60 mg/L
	黄腐酸钾	990.10 mg/L	2 970.30 mg/L
	鱼蛋白	0.15 mL	0.15 mL
	巨大芽孢杆菌	0.25 g	0.25 g
	纯品碳	0.25 mL	0.25 mL
无机营养液	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	899.62 mg/L	1 124.52 mg/L
	(NH ₄) ₂ SO ₄	119.22 mg/L	149.03 mg/L
	KH ₂ PO ₄	313.36 mg/L	447.66 mg/L
	K ₂ SO ₄	29.64 mg/L	432.37 mg/L

注:L-丙氨酸 N 含量为 10%、P 含量为 5%;黄腐酸钾 N 含量为 3.58%、P 含量为 0.20%、K 含量为 10.10%。

1.2 项目测定

1.2.1 西瓜植株长势测定 分别在第一茬和第二茬西瓜定植缓苗 1 周后进行生长指标测试,每 2 周测量 1 次,每个处理选取 6 株代表性植株,分别测量株高、茎粗、叶长、叶宽、叶片数。株高:使用卷尺测量地面至植株生长点的距离,叶长:使用卷尺测量叶片尖部至叶片底部的距离,叶宽:用卷尺测量叶片中间最宽距离,茎粗:用游标卡尺测量基部子叶下端 1 cm。分别计算株高相对生长率(RGR-PH)和茎体积相对生长率(RGR-SV)、叶片数相对生长率(RGR-LN)、叶面积相对生长率(RGR-LA):

$$RGR-PH = (\ln h_2 - \ln h_1) / (t_2 - t_1); \quad (1)$$

$$RGR-SV = [\ln(d_2 d_2 h_2) - \ln(d_1 d_1 h_1)] / (t_2 - t_1); \quad (2)$$

$$RGR-LN = (\ln L_2 - \ln L_1) / (t_2 - t_1); \quad (3)$$

$$RGR-LA = [\ln(L_2 D_2) - \ln(L_1 D_1)] / (t_2 - t_1)。 \quad (4)$$

式中: h_1 、 h_2 为株高; d_1 、 d_2 为茎直径; L_1 、 L_2 为叶片数; L 、 D 分别为叶长和叶宽; t_1 、 t_2 为时间。

1.2.2 产量和生物量 采收期记录不同处理西瓜产量,按照小区面积折合成单位面积产量,采收期每个处理随机选取 10 个西瓜,测定平均单果质量,拉秧期取植株地上地下部分 105 ℃ 烘 0.5 h 后,80 ℃ 烘干至恒质量测定其生物量,地下部干质量除以地上部干质量计算根冠比。

1.2.3 品质测量 在西瓜采收期,选取 5~10 个有代表性的西瓜测定品质指标。可溶性固形物含量用 TD-45 数字折光仪测定,硝酸盐含量用水杨酸比色法测定,可溶性糖含量用蒽酮比色法测定,维生素 C 含量用钼蓝比色法测定,硬度用硬度计测量,有机酸含量用酸碱中和转移法测定^[11]。

1.2.4 基质养分 在西瓜采收期,采用五点取样法收集基质 200 g,自然风干,测定基质养分。全氮含量采用消化-半微量凯氏定氮法测定,全磷含量采用 HClO₄-H₂SO₄ 消化-钼锑抗比色法测定,有机质含量采用重铬酸钾-硫酸氧化法测定,速效氮含量采用半微量凯氏定氮法测定,速效磷含量采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提-钼锑抗比色法测定,速效钾含量采用 1 mol/L NH₄Ac 浸提-火焰光度法测定,pH 值采用 1:5(质量体积比)土壤悬液电位计法测定^[12],EC 值采用电导法测定^[13]。

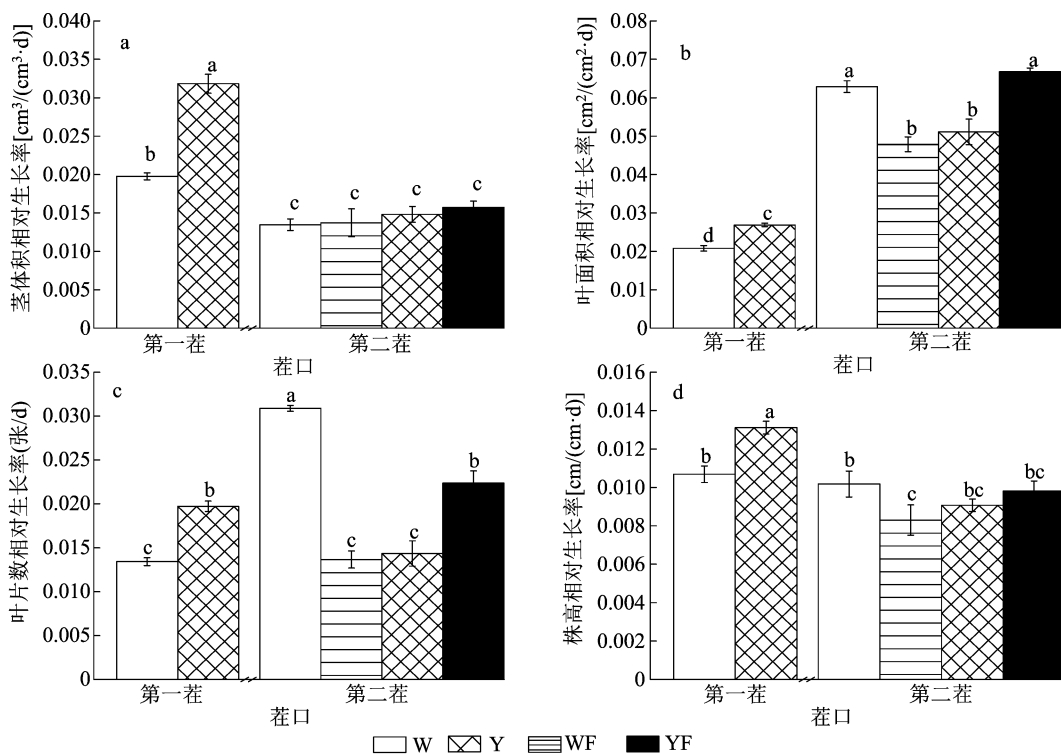
1.3 数据分析

所有数据采用 Excel 2010 和 SPSS 25.0 进行统计分析。均值通过单因素 ANOVA 进行分析。采用 Tukey's 法进行显著性分析。采用双因素 ANOVA 分析茬口、有机无机营养液灌溉及两者交互作用对基质养分的影响。采用 Origin 2018 软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 不同处理对西瓜长势的影响

由图 1 可知,在第一茬种植中,Y 处理的株高、茎体积、叶面积、叶片数相对生长率均高于 W 处理且差异显著,而在第二茬中除茎体积和株高相对生长速率外均为 W 处理显著高于 Y。在第二茬中,WF 处理的株高、叶面积、叶片数相对生长率均显著低于 W 处理,YF 处理叶面积和叶片数相对生长率均显著高于 Y 处理,说明在有机营养液中添加丰田



柱上不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。下图同
图1 不同处理对西瓜长势的影响

宝有利于西瓜生长,而在无机营养液中添加丰田宝不利于西瓜生长。

2.2 不同处理对生物量及产量的影响

由图2可知,第一茬中Y处理的西瓜总生物量、单果质量、产量均显著高于W处理,且第二茬西瓜总生物量和单果质量显著高于W处理,第一茬中与W处理相比,Y处理的总生物量与产量分别增加30.0%和11.7%;第二茬中,分别增加23.0%和4.2%。第二茬处理的总生物量、单果质量、产量显著低于第一茬,且Y与W处理的西瓜产量高于对应添加丰田宝处理的产量。第一茬中Y处理的根冠比显著高于W处理,第二茬中各处理的根冠比均显著高于第一茬,可能是株高、茎体积相对生长率降低,地上部生长缓慢且总生物量降低所导致。第二茬中,W处理的产量显著高于WF处理,Y处理的产量高于YF处理,但无显著差异,说明添加丰田宝降低了设施西瓜的产量。

2.3 不同处理对西瓜品质的影响

硝酸盐、维生素C、可溶性固形物、有机酸含量等是衡量瓜菜品质的重要指标。由表2可知,第一茬中Y处理的硝酸盐含量显著高于W处理,其他各项指标间无显著性差异。第二茬中Y处理的维生素C含量显著高于其他处理,与W处理相比提高

10.8%,W和WF处理的有机酸含量显著高于Y和YF处理。与第一茬中W处理相比,第二茬中W处理的维生素C含量、可溶性糖含量均增加。果实硬度第一茬显著高于第二茬,果实含水量第一茬显著低于第二茬。在无机营养液中添加丰田宝能够显著提高可溶性糖含量,在有机营养液中添加丰田宝降低了西瓜有机酸与可溶性糖含量,显著提高了硝酸盐含量。

2.4 不同处理对土壤养分特性的影响

pH值、EC值是土壤的基本性质,是土壤肥力的重要影响因子,也是影响植物生长的必要因素。由图3可知,在第一茬中,Y处理的EC值显著低于W处理,其EC值仅为0.774 mS/cm,而Y处理的pH值显著高于W处理。在第二茬中,各处理间差异显著,WF处理的EC值最大,其次是W处理,YF的EC值最小,Y处理的EC值显著高于YF处理;pH值最大的为YF处理,其次Y处理,最低的为W处理。WF处理可增大土壤的EC值和pH值,YF可增大土壤pH值,降低土壤的EC值。

土壤速效养分是土壤中最活跃的部分,是衡量土壤肥力的重要指标,与作物生长关系密切。由图4可以看出,第一茬中,W和Y处理的速效氮、速效磷、速效钾含量差异不显著。第二茬中,W处理的

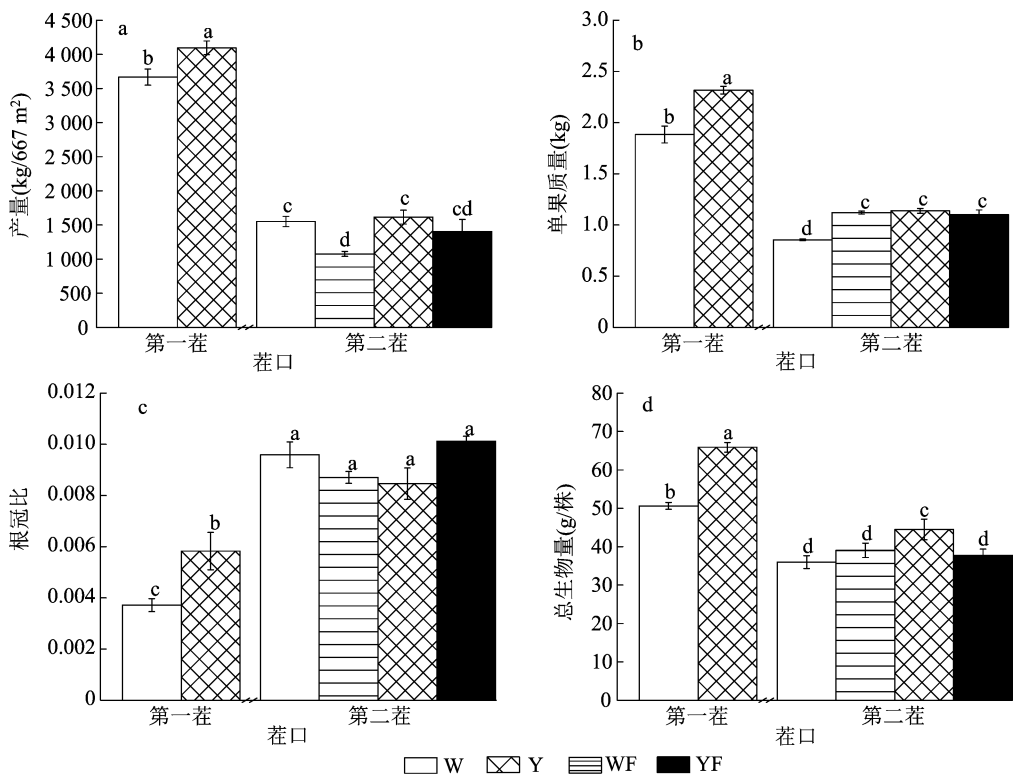


图2 不同处理对生物量及产量的影响

表 2 不同处理对西瓜品质的影响

茬口	处理	可溶性固形物含量(%)	有机酸含量(%)	维生素 C 含量(mg/kg)	可溶性糖含量(%)	硝酸盐含量(mg/kg)	硬度(kg/cm²)	果实含水量(%)
第一茬	W	10.8 ± 0.4a	0.08 ± 0.00c	3.29 ± 0.20c	4.06 ± 0.25c	88.50 ± 1.16c	172.00 ± 24.83a	24.46 ± 0.56b
	Y	10.8 ± 0.8a	0.07 ± 0.00c	3.43 ± 0.34c	4.42 ± 0.30c	242.94 ± 21.38a	148.67 ± 7.47a	24.86 ± 0.31b
第二茬	W	11.3 ± 0.1a	0.59 ± 0.00a	4.37 ± 0.15b	4.54 ± 0.01c	85.88 ± 1.16c	59.30 ± 1.83b	26.34 ± 0.19a
	WF	11.4 ± 0.3a	0.59 ± 0.00a	4.08 ± 0.05b	6.59 ± 0.02a	68.82 ± 2.44cd	63.23 ± 0.78b	26.62 ± 0.08a
	Y	10.5 ± 0.1a	0.48 ± 0.00b	4.84 ± 0.09a	6.55 ± 0.02a	56.13 ± 2.66d	63.40 ± 1.44b	26.84 ± 0.07a
	YF	10.6 ± 0.1a	0.47 ± 0.01b	4.05 ± 0.03b	5.82 ± 0.05b	126.13 ± 2.62b	59.67 ± 1.77b	26.68 ± 0.05a

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

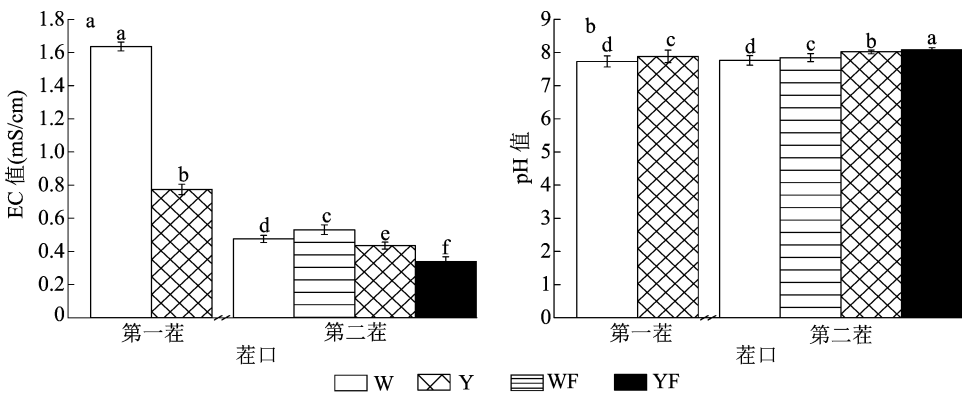


图3 不同处理对土壤 pH 值、EC 值的影响

速效氮含量显著高于其他 3 个处理,速效钾的含量在不同处理之间无显著差异,W 处理的速效磷含量

均显著高于 Y 处理,WF 处理的速效磷的显著高于 Y 与 YF 处理,说明丰田宝的添加对各处理速效养

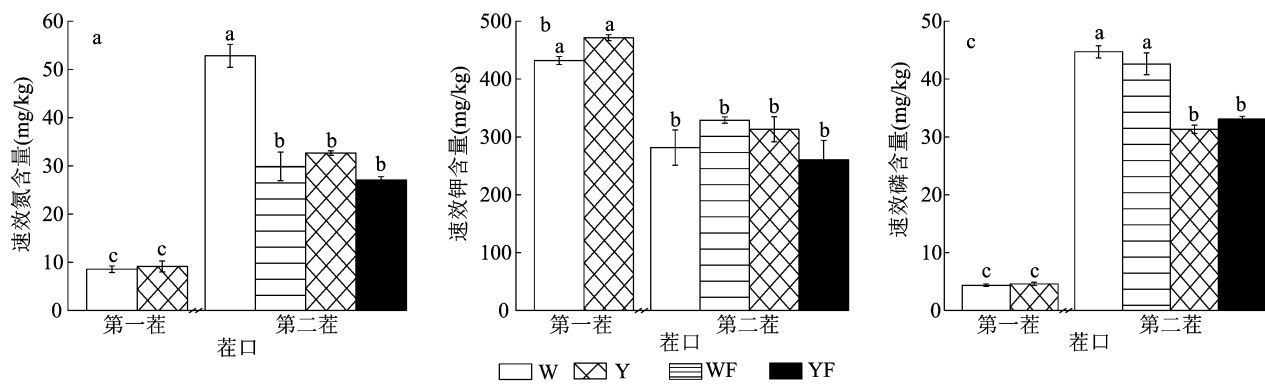


图4 不同处理对土壤速效养分的影响

分的影响不显著。

全氮、全磷和有机质含量是衡量土壤养分供应的基本指标,受土壤母质、成土作用和耕作施肥的影响很大。由图 5 可以看出,第一茬中,Y 处理的有机质、全氮含量显著低于 W 处理,全磷含量无显著差异。第二茬中,W 和 WF 处理的有机质含量显著

高于 Y 和 YF 处理,W 处理的全氮含量显著高于其他 3 个处理,而全磷含量各处理间差异显著,Y 处理的全磷含量最高,W 处理的全磷含量最低。整体上与第一茬相比,第二茬的有机质含量与全氮、全磷含量呈现显著降低的趋势。

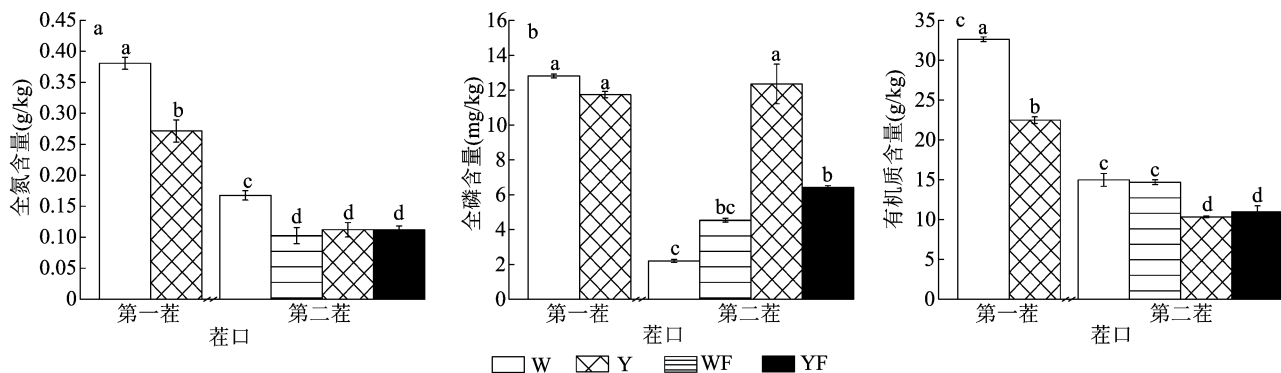


图5 不同处理对土壤有机质、全氮、全磷含量的影响

2.5 不同处理各指标相关性分析

对不同营养液灌溉和茬口及两者交互作用对各指标的影响进行了双因素方差分析,结果(表 3)表明,不同茬口除了对叶片数相对生长率、可溶性固形物无显著影响,对株高相对生长率、全磷含量、硝酸盐含量有显著影响外,对其他指标均有极显著影响。不同营养液对土壤速效氮、速效磷含量有显著影响,对茎体积相对生长率、pH 值、EC 值、有机质含量、全氮含量、有机酸含量、可溶性糖含量、总生物量、单果质量有极显著影响,而对其他指标均没有显著影响,说明在有机无机不同营养液灌溉下,对西瓜主要土壤特性、果实品质、生物量指标产生了影响。茬口和不同营养液灌溉两者交互作用除了对可溶性固形物含量有极显著影响外,对其他指

标均无显著影响。

对各指标之间进行主成分分析,PC1、PC2 和 PC3 分别解释了 68.00%、14.62%、11.98% 的方差。从图 6 观察到,有机处理分布在一、二象限,无机处理分布 X 轴下方的三、四象限。有机处理有较高的叶面积相对生长速率、可溶性固形物含量、速效氮含量、EC 值、有机质含量和全氮含量。无机处理有较高的可溶性糖含量、pH 值、茎粗相对生长速率、全磷含量和总生物量。有机质含量和 pH 值及全氮含量密切相关,产量和速效钾含量、株高相对生长速率、硝酸盐含量密切相关。对各处理进行综合得分评价,第一茬和第二茬有机处理得分高于无机处理,第二茬中添加丰田宝增加了无机处理得分,但降低了有机处理得分。

表 3 不同营养液灌溉和茬口及两者交互作用对各指标的影响

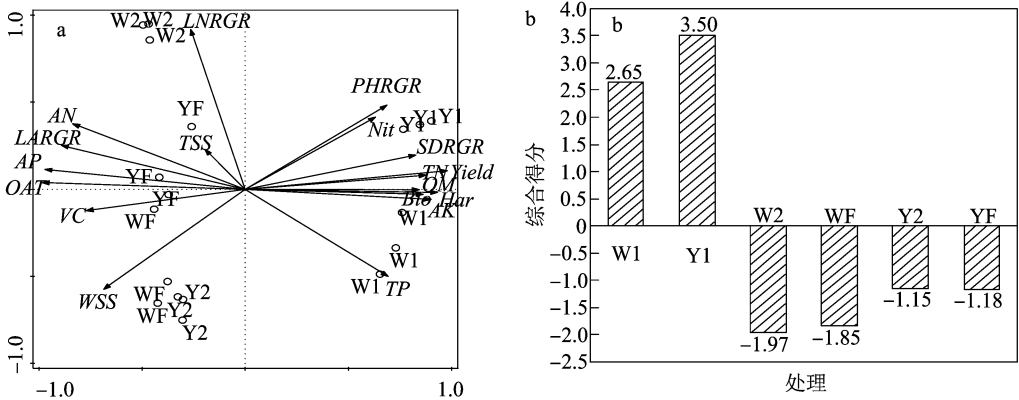
指标	F 值		
	茬口	不同营养液	茬口 × 不同营养液
株高相对生长率	7.35 *	1.23ns	0.00ns
茎体积相对生长率	32.27 **	11.45 **	0.00ns
叶面积相对生长率	89.90 **	0.56ns	0.06ns
叶片数相对生长率	2.11ns	2.06ns	0.00ns
pH 值	11.21 **	66.77 **	0.20ns
EC 值	29.65 **	10.73 **	0.00ns
有机质含量	212.49 **	52.32 **	0.00ns
速效氮含量	61.10 **	5.11 *	0.31ns
速效磷含量	203.43 **	7.85 *	0.00ns
速效钾含量	72.60 **	3.87ns	3.67ns
全氮含量	163.12 **	31.92 **	0.35ns
全磷含量	5.52 *	4.55ns	0.25ns
可溶性固形物含量	0.07ns	0.93ns	8.29 **
有机酸含量	730.08 **	10.84 **	0.00ns
维生素 C 含量	34.88 **	2.04ns	1.36ns
可溶性糖含量	15.80 **	13.00 **	0.05ns
硝酸盐	8.58 *	3.72ns	0.00ns
果实硬度	57.13 **	0.54ns	2.27ns
果实含水量	36.79 **	2.04ns	3.77ns
总生物量	65.12 **	41.15 **	0.73ns
根冠比	83.18 **	0.66ns	0.53ns
单果质量	460.42 **	54.65 **	2.65ns
产量	417.94 **	4.80ns	0.32ns

注：* 表示影响显著，** 表示影响极显著，ns 表示影响不显著。

3 讨论

长势强弱是施肥效果的重要指标,在第一茬种植中,有机营养液处理的株高、茎体积、叶面积、叶片数相对生长率均高于无机营养液处理且差异显著,这可能是有机营养液中有有机物较多,可以活化土壤,促进有益微生物增生,提高作物肥料利用率,这与赵晓美的研究结果^[14]一致。添加丰田宝后,无机营养液 + 丰田宝处理的株高、叶面积、叶片数相对生长率均显著低于无机处理,有机营养液 + 丰田宝处理均显著高于有机处理,说明在有机营养液中添加丰田宝有利于西瓜生长,这可能是因为在有机营养液中添加丰田宝可以促进微生物繁殖,促进植株生长。而在无机营养液中添加丰田宝不利于西瓜生长,这可能是因为丰田宝对大量元素水溶肥的促进随着肥量的增多会降低,付爱平在茄子上研究发现施用大量元素水溶肥超过 2.5 kg/667 m² 后对植株长势影响降低^[15]。

产量是西瓜经济价值重要指标之一,本试验中第一茬和第二茬中有机营养液处理的西瓜总生物量、单果质量、产量均显著高于无机营养液处理,第一茬中与无机营养液相比,有机营养液的总生物量与产量分别增加 30.0% 和 11.7%;第二茬中,分别增加 23.0% 和 4.2%,哈雪姣等的研究表明施用生物有机肥能提高西瓜产量和品质^[16],杜少平等研究



PHRGR—株高相对生长速率; SDRGR—茎粗相对生长速率; LARGR—叶面积相对生长速率; LNRGR—叶片数相对生长速率; TSS—可溶性固形物含量; OAT—有机酸含量; VC—维生素 C 含量; WSS—可溶性糖含量; Nit—硝酸盐含量; Har—果实硬度; Bio—总生物量; Yield—产量; OM—有机质含量; AN—速效氮含量; AP—速效磷含量; AK—速效钾含量; TN—全氮含量; TP—全磷含量

图 6 不同处理各指标间主成分分析结果

发现有机肥代替化肥,砂田西瓜可增产 74% 以上^[4],本试验结果与之一致。无机营养液处理的产量显著高于无机营养液 + 丰田宝处理,有机营养液

的产量高于有机营养液 + 丰田宝处理,但没有显著影响,添加丰田宝降低了设施西瓜的产量,这可能是无机营养液本身含有较高浓度的氮磷钾元素,致

使丰田宝生物肥中活菌周围盐浓度过高,降低生物肥微生物活性,同时混合使用降低了无机营养液的肥效,进而造成产量降低。

品质是衡量瓜菜商品性的重要指标。张凤英等的研究表明,生物有机肥能有效调节西瓜体内营养物质代谢,提高果实维生素 C 含量,最终改善西瓜品质^[17]。本试验中有机营养液的维生素 C 含量与可溶性糖含量显著高于其他处理,与无机营养液相比,分别提高 10.8% 和 44.3%。有机酸广泛存在于植物体中,一定的酸度可增加瓜菜的风味,过酸会影响西瓜口感^[18],本试验中有机营养液处理有机酸含量显著低于无机营养液,有机营养液可显著提升设施西瓜品质。

土壤速效养分是土壤中最活跃的部分,是衡量土壤肥力的重要指标,与作物生长关系密切。本试验中有机营养液与无机营养液处理的速效氮、磷、钾含量差异均不显著,这可能是施入有机营养液后促进了土壤中微生物活性,有利于土壤中速效养分的释放,这与郑镁钰等的研究结论^[19]一致。全氮、全磷含量是衡量土壤基本肥力的重要指标。无机营养液的全氮含量显著高于有机营养液处理,这可能是因为无机营养液中氮素更易吸收,土壤全氮利用较少,有机营养液全氮释放较慢,这与张爽的等研究结论^[20]一致。整体上与第一茬相比,第二茬的有机质、全氮、全磷含量呈现显著降低,可能是第一茬中全效养分消耗较多。

4 结论

相比无机营养液灌溉,有机营养液利于西瓜植株生长,降低土壤 EC 值,增加 pH 值,生物量与产量分别提高 30.0% 和 11.7%,而在有机营养液中添加丰田宝有利于西瓜生长,在无机营养液中添加丰田宝能显著提升西瓜可溶性糖含量,达到与有机营养液栽培相同的品质效果。无机营养液中添加丰田宝可增加土壤全效养分,但是连续种植西瓜会导致土壤中有机质、全氮、速效钾含量的显著降低。对各处理进行综合得分评价,表明有机营养液处理得分高于无机营养液处理,添加丰田宝可以增加无机营养液处理得分,降低有机营养液处理得分。双因素方差分析结果表明,茬口和不同营养液灌溉两者交互作用对西瓜可溶性固形物含量有显著影响。综上所述,有机营养液能增加设施西瓜的土壤肥力和西瓜品质及产量,添加丰田宝可改善无机营养液灌

溉设施西瓜土壤肥力和西瓜品质,不利于有机营养液。

参考文献:

- [1]金 辉,侯东颖,张 曼,等. 水肥耦合对大棚西瓜产量、品质及养分吸收的影响[J]. 中国土壤与肥料,2021(2):141-148.
- [2]Huang Y,Kong Q S,Chen F,et al. The history,current status and future prospects of vegetable grafting in China [J]. Acta Horticulturae,2015(1086):31-39.
- [3]郭亚雯. 水肥精准管理对设施栽培西瓜和甜瓜养分吸收及生长效应[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2020.
- [4]杜少平,马忠明,薛 亮. 密度、氮肥互作对旱砂田西瓜产量、品质及氮肥利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2013,19(1):150-157.
- [5]孟佳丽,吴绍军,沈 虹,等. 不同药剂处理对西瓜连作土壤的影响[J]. 江苏农业学报,2021,37(3):651-659.
- [6]戚嘉琦,王 玮,仲秀娟,等. 氨基多糖对连作西瓜生长与土壤环境的影响[J]. 中国瓜菜,2021,34(2):18-22.
- [7]张长坤,刘 娟,刘 凯,等. 生物有机肥在西瓜生产化肥减施上的应用效果[J]. 安徽农业科学,2021,49(8):161-162,180.
- [8]张 琼,孙小武,邓大成,等. 不同施肥处理对西瓜产量和品质的影响[J]. 中国瓜菜,2017,30(3):32-34.
- [9]姜灿烂,何园球,刘晓利,等. 长期施用有机肥对旱地红壤团聚体结构与稳定性的影响[J]. 土壤学报,2010,47(4):715-722.
- [10]Aanderud Z T,Bledsoe C S,Richards J H. Contribution of relative growth rate to root foraging by annual and perennial grasses from California oak woodlands[J]. Oecologia,2003,136(3):424-430.
- [11]高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [12]Fonseca E M,Neto J A,McAlister J,et al. The role of the humic substances in the fractioning of heavy metals in Rodrigo de Freitas lagoon,Rio de Janeiro,Brazil[J]. Anais Da Academia Brasileira De Ciencias,2013,85(4):1289-1301.
- [13]Petric I,Šestan A,Šestan I. Influence of initial moisture content on the composting of poultry manure with wheat straw[J]. Biosystems Engineering,2009,104(1):125-134.
- [14]赵晓美. 有机水溶肥对西瓜的增产试验研究[J]. 南方园艺,2020,31(1):10-11.
- [15]付爱平. 丰田宝微生物菌肥在茄子上的应用[J]. 现代农业,2019(3):18.
- [16]哈雪姣,左继民,司长城,等. 施用生物有机肥及生物菌剂对西瓜产量、品质及土壤养分含量的影响[J]. 中国瓜菜,2018,31(10):45-48.
- [17]张凤英,杜芝芝,和加卫,等. 生物有机肥对大棚西瓜生长特性及品质的影响[J]. 北方园艺,2016(14):51-57.
- [18]李 晶,郁继华,武 玥,等. 不同小果型西瓜品种品质评价[J]. 中国瓜菜,2020,33(11):61-67.
- [19]郑镁钰,林浩洋,王 雪,等. 生物有机肥对苦瓜品质及土壤氮、磷、有机质含量的影响[J]. 中国林副特产,2018(2):21-23.
- [20]张 爽,石燕楠,王 硕,等. 江苏省西瓜施肥现状及高产潜力[J]. 应用生态学报,2016,27(9):3000-3008.