

不同黄沙、土壤对比对土壤理化性状与番茄生长、产量和品质的影响

杨世梅¹, 王世余², 王翠丽¹, 陈亮¹, 寇燕燕³

(1. 甘肃省农业工程技术研究院 兰州 730010; 2. 甘肃农垦药物碱厂有限公司 兰州 730000;
3. 甘肃省景泰川电力提灌水资源利用中心 甘肃景泰 730400)

摘要:为探究沙漠黄沙对河西走廊设施蔬菜栽培土壤的改良效果,通过在设施土壤中添加不同比例的沙漠黄沙,研究黄沙比例变化对土壤理化性质及番茄生长、产量和品质的影响。结果表明,黄沙添加比例与土壤有机质、全氮、碱解氮、全磷、速效磷、全钾和速效钾含量及 EC 值、pH 呈反比例增长,在土壤、黄沙体积比 3:1 时,全氮、全磷和全钾含量较土壤栽培分别显著降低 17.85%、16.40%、12.21%,EC 值和 pH 分别降低 6.27%、0.31,通气孔隙度增加 5.79 百分点。番茄植株生长、产量和品质指标随着黄沙比例增加呈先升高后降低的变化趋势。在土壤、黄沙体积比 3:1 时,番茄株高、茎粗较土壤栽培增加 4.45%、5.49%,单果质量、单株产量、667 m² 产量分别显著提高 9.20%、20.40%、17.39%,果实可溶性糖、可溶性蛋白、维生素 C 和可溶性固形物含量高于其他处理,可溶性固形物含量较土壤栽培显著提高 0.09 百分点。综上,在土壤、黄沙体积比 3:1 时,番茄生长指标、产量指标和品质指标均表现最优。相关性分析表明,土壤理化性质变化与番茄生长、产量、品质指标紧密相关,添加黄沙能够改善土壤状况,提高番茄产量和品质。研究结果为该地区设施土壤改良提供了理论依据。

关键词:番茄;黄沙配比;土壤理化性质;品质;相关性分析

中图分类号:S641.2

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2025)07-093-08

Effects of different combinations of sand and soil on soil physicochemical properties and the growth, yield and quality of tomato

YANG Shimei¹, WANG Shiyu², WANG Cuili¹, CHEN Liang¹, KOU Yanyan³

(1. Gansu Institute of Agricultural Engineering Technology, Lanzhou 730010, Gansu, China; 2. Gansu Agricultural Reclamation Medical Alkaloids Factory Co., Ltd., Lanzhou 730000, Gansu, China; 3. Gansu Province Jingtaichuan Electric Power Irrigation Water Resources Utilization Center, Jingtai 730400, Gansu, China)

Abstract: To explore the improvement effect of desert yellow sand on the cultivation soil of facility vegetables in the Hexi Corridor, by adding different proportions of desert yellow sand to the facility soil, the influence of the change in the proportion of yellow sand on the physical and chemical properties of the soil, as well as the growth, yield and quality of tomato were studied. The results showed that the ratio of sand addition was inversely proportional to the content of soil organic matter, total nitrogen, alkali-hydrolyzable nitrogen, total phosphorus, available phosphorus, total potassium, available potassium, EC value, and pH. When the ratio of soil to sand is 3:1, the content of total nitrogen, total phosphorus, total potassium, decreased by 17.85%, 16.4%, 12.21% compared with soil culture, respectively, the EC value and pH decreased by 6.27%, 0.31, and the ventilation porosity increased by 5.79 percent point. Tomato plant growth, yield and quality indicators showed positive growth first and then negative growth with the increase of proportion of sand. When the ratio of soil to sand is 3:1, the plant height and stem diameter of tomato plants are increased by 4.45% 5.49%, the single fruit mass, single plant yield and 667 m² yield are increased by 9.20%, 20.40% and 17.39%, respectively, the content of soluble sugar, soluble protein, vitamin C and soluble solids in fruits are higher than that in other treatments, and the content of soluble solids was significantly increased by 0.09 percent points compared with soil cultivation. The tomato growth index, yield index, and quality index are optimal when the ratio of soil to sand is 3:1. The correlation analysis shows that the changes of soil physicochemical properties are closely related to the growth, yield and quality of tomato. The addition of sand can improve soil conditions, increase tomato yield and improve quality, which provides theoretical

收稿日期:2025-01-24;修回日期:2025-06-13

基金项目:甘肃省自然科学基金项目(22JR11RA283);武威市科技计划项目(WW2101030)

作者简介:杨世梅,女,副研究员,主要从事设施蔬菜栽培方面的研究工作。E-mail:460124339@qq.com

basis for the improvement of facility soil in this area.

Key words: Tomato; Sand ratio; Chemical and physical properties of soil; Quality; Correlation analysis

河西走廊地处甘肃省西北部、黄河以西、祁连山和巴丹吉林沙漠中间,属大陆性干旱气候,日照时间长,光照资源丰富,气温日变化大,利于农作物干物质积累。设施农业发展区域优势明显,其中设施番茄是栽培最多的作物之一,是淡季蔬菜供应、提高农业效益、增加农民收入、促进农村发展的主要途径之一^[1]。近年来,随着设施蔬菜种植面积扩大,种植年限增长,产生了一系列问题,如长期大量施肥和不合理灌溉导致土壤板结、贮水功能减弱、土壤养分积累量不足、土壤盐渍化、排水不畅等^[2-6],进而影响蔬菜产量和品质。

针对以上问题,人们使用土壤改良剂^[7]、生物菌肥^[8]、有机肥^[9]、添加腐熟的作物秸秆^[10]、灌溉洗盐^[11]等措施对土壤进行改良,在土壤物理和化学性质改善方面取得一定的效果。其中,农作物秸秆添加到土壤中可以提升土壤养分含量,有效改善土壤理化性质,但秸秆分解缓慢,易导致土壤病原体增加,作物病害加重,作物产量降低^[12],灌溉洗盐需水量较大。由于试验区域、种植作物、土壤类型及管理模式的差异,土壤问题原因多样化,解决方法不能同一而论。河西地区毗邻沙漠,黄沙随处可见,黄沙中营养物质较少,孔隙度较大,透气性较好^[13-14],使用黄沙改良土壤较使用土壤改良剂、生物菌肥、有机肥、灌溉洗盐等方式可降低成本。研究表明,通过在土壤中掺沙可以改变土壤的理化性状,对作物生长产生积极影响^[15]。土壤掺沙可以改善土壤环境,提高玉米产量^[16],黄沙种植番茄也取得了成功^[17]。但在河西沙区设施土壤中添加黄沙对土壤改良及番茄生长、品质、产量影响的研究鲜见报道。鉴于此,笔者在前人研究的基础上,通过在土壤中添加不同比例黄沙,分析土壤理化性质、番茄生长、产量和品质的变化,得出添加不同比例黄沙对该地区设施土壤的改良评价结果,旨在为该地区设施土壤改良提供有效方法和理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于2023年11月至2024年5月在甘肃省武威市凉州区黄羊镇甘肃省农业工程技术研究院试验基地进行。该地区位于河西走廊东段、腾格里沙漠西边,属温带大陆性干旱气候,年平均降水量100 mm,年蒸发量2020 mm,年平均温度7.7℃,无

霜期150 d左右,日照时数2 873.4 h。

试验番茄品种为爱吉155,购于武威百利种苗有限公司。

供试土壤为甘肃省农业工程技术研究院试验基地温室大棚(已种植10年以上,前茬为辣椒)0~20 cm土壤,pH 8.65,有机质含量(w,后同)22.7 g·kg⁻¹,容重1.27 g·cm⁻³,全氮含量21.12 g·kg⁻¹,碱解氮含量287 mg·kg⁻¹,全磷含量21.28 g·kg⁻¹,速效磷含量263.21 mg·kg⁻¹,全钾含量226.61 g·kg⁻¹,速效钾含量2215 mg·kg⁻¹。

沙为黄沙,pH 7.87,有机质含量3.1 g·kg⁻¹,水溶性盐含量0.18 g·kg⁻¹,容重1.54 g·cm⁻³,全氮含量0.13 g·kg⁻¹,碱解氮含量19 mg·kg⁻¹,全磷含量0.48 g·kg⁻¹,速效磷含量28.59 mg·kg⁻¹,全钾含量1.62 g·kg⁻¹,速效钾含量51 mg·kg⁻¹。

1.2 试验设计

挖深60 cm、宽60 cm、长8 m的种植槽,两侧及底部铺防水透气膜,中间填充种植土壤,每个栽培槽面积4.2 m²,每个栽培槽为一个处理,每个处理3次重复。

土壤挖大棚内0~20 cm耕层土壤,与黄沙混合均匀,设6种配比处理,分别为温室土壤(CK1)、沙漠黄沙(CK2)、温室土壤与沙漠黄沙体积比5:1(T1)、温室土壤与沙漠黄沙体积比3:1(T2)、温室土壤与沙漠黄沙体积比2:1(T3)、温室土壤与沙漠黄沙体积比1:1(T4)。

番茄种苗定植株距40 cm,小行距30 cm,大行距60 cm,每个栽培槽定植40株,于5穗果时打顶,其他栽培管理措施同当地。

1.3 测定项目与方法

番茄生长指标测定:每个处理选择棚中部5株番茄植株进行测量,株高、茎粗、根长在番茄植株生长末期拉秧前测定,同时拔出植株将地上部和地下部分开,用清水冲洗干净后采用电子天平分别称鲜质量,株高和根长用卷尺测定,茎粗用游标卡尺测定。

番茄产量指标测定:每个处理选取第三穗果上3个具有代表性的成熟果实测定单果质量,计算单株产量,采用游标卡尺测定果实纵径和果实横径,667 m²产量分批采收后统计。

番茄品质指标测定:番茄果实采样方式同上,采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量^[18],采用钼蓝比色法测定还原型维生素C含量^[19],采用李合生^[18]的

考马斯亮蓝 G-250 法测定可溶性蛋白含量,采用 NaOH 滴定法测定可滴定酸含量^[20],采用 2WA-J ATC 手持式折光仪测定可溶性固形物含量。

土壤指标测定:在种植前未施肥料时采土样,采用《土壤农化分析》^[21]中的方法测定有机质、全氮、全磷、有效磷、全钾和速效钾含量及 pH、EC 值,参照连兆煌^[22]的方法测定土壤容重和孔隙度。

1.4 数据分析

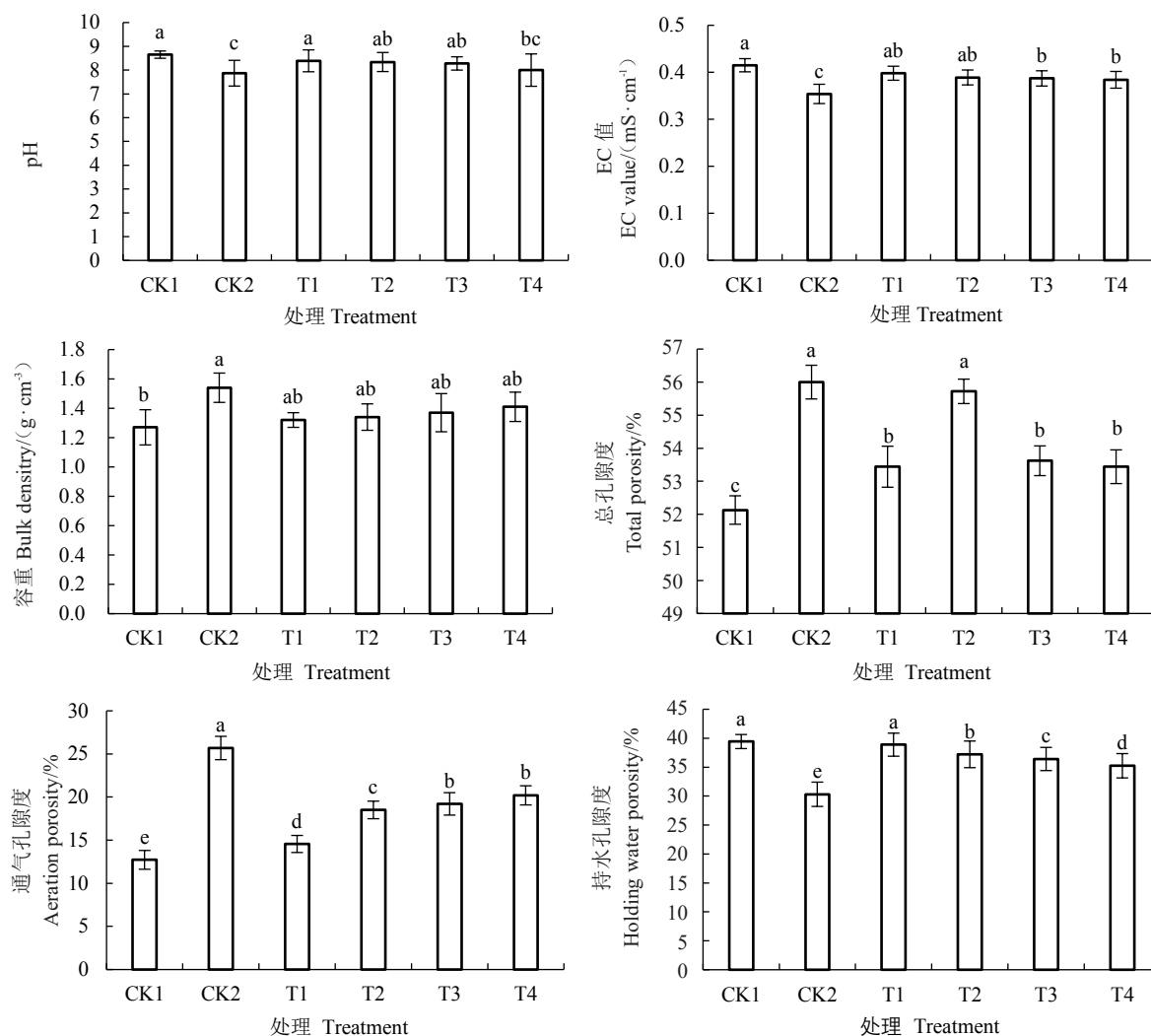
采用 Excel 2017 处理试验数据和制作图表,采用 SPSS 19.0 进行单因素(ANOVA)方差与显著性差异分析(Adonis 检验, $p < 0.05$)以及 Pearson 相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同土壤和黄沙对比对土壤理化性质的影响

2.1.1 对 pH、EC 值、容重、孔隙度的影响 持水孔隙度、通气孔隙度是土壤持水能力和通气性的指标, pH 是评价酸碱度的指标^[23];EC 值是反映土壤水溶性盐的指标,也是评价土壤盐渍化的一个重要指标^[24]。由图 1 可知,CK2 的 pH、EC 值、持水孔隙度相比其他处理最小,CK1 最大。土壤添加不同比例黄沙后,T1、T2、T3、T4 处理的 EC 值相比 CK1 分别降低 4.10%、6.27%、6.75%、7.47%, pH 分别降低 0.26、0.31、0.37、0.65。CK2 的容重、通气孔隙度、总孔隙度相比其他处理最大,CK1 最小,T1、T2、T3、T4 处理的通气孔隙度较 CK1 分别显著增加 1.84、5.79、6.49、7.48 百分点。以上结果表明,添加黄沙可以改变土壤通气性、减少积水、降低土壤盐渍化。

2.1.2 对土壤养分的影响 土壤全氮、全钾、全磷是基础肥力,设施种植过程中氮、磷、钾积累量大,



注:不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters indicate significant difference among different treatments at 0.05 level. The same below.

图 1 不同黄沙对比对土壤 pH、EC 值、容重和孔隙度的影响

Fig. 1 Effects of different adding proportion of sand on soil pH, EC value, bulk density and porosity

随着种植年限增加,土壤全氮、全磷和全钾含量显著增加,养分失调^[24]。由图2可知,CK2的有机质、全氮、碱解氮、全磷、速效磷、全钾和速效钾含量均显著低于其他处理,CK1的含量均最高。其中CK1的全氮含量是CK2的8.61倍,全磷含量是2.67倍,全钾含量达到16.42倍。随着黄沙添加比例增加,

土壤有机质、全氮、碱解氮、全磷、速效磷、全钾、速效钾含量均呈降低趋势,T1、T2、T3、T4处理的全氮含量较CK1分别显著降低14.28%、17.85%、29.46%、44.64%,全磷含量分别降低2.34%、16.41%、21.09%、31.25%,全钾含量分别降低4.36%、12.21%、42.58%、46.94%,碱解氮含量分别降

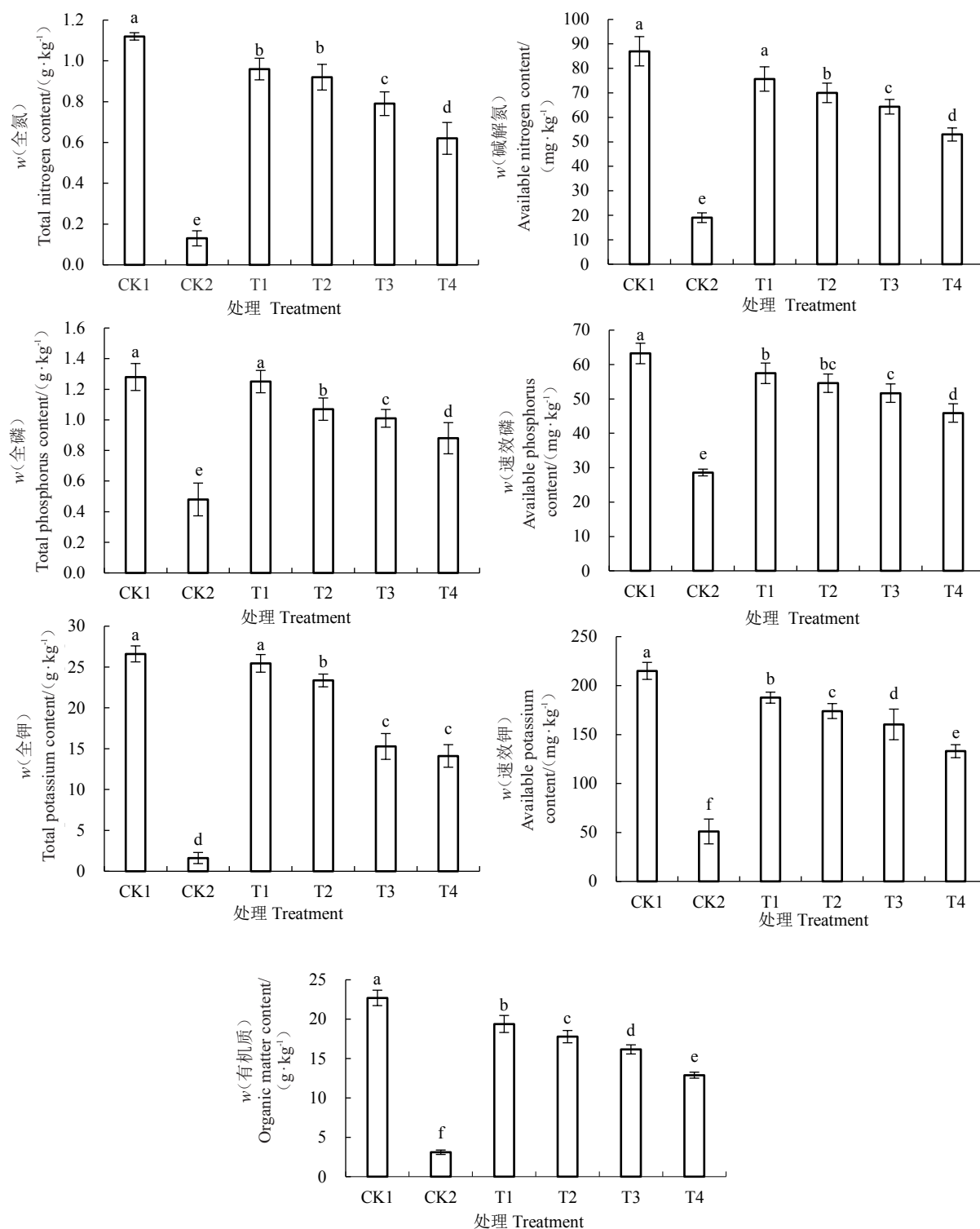


图2 不同黄沙配比对土壤养分含量的影响

Fig. 2 Effects of different adding proportion of sand on soil nutrient content

低 13.02%、19.54%、26.06%、39.08%，速效磷含量分别显著降低 9.12%、13.68%、18.25%、27.38%，速效钾含量分别显著降低 12.71%、19.06%、25.42%、38.13%。因此，在养分积累量大的土壤中添加黄沙能够稀释土壤中的氮、磷、钾浓度，降低积累量。

2.2 不同土壤和黄沙对比对番茄植株生长指标、果实产量和品质的影响

2.2.1 对番茄植株生长指标的影响 由表 1 可知，随着土壤中黄沙比例的增加，番茄株高、茎粗、植株地上部和地下部鲜质量均呈先上升后下降的趋势。T2 处理的番茄株高、茎粗、根长、植株地上部和地下部鲜质量均高于其他处理，各处理的株高、茎粗表现为 T2>T1>CK1>T3>T4>CK2，T2 处理的株高和茎粗较 CK1 分别增加 4.45%、5.49%。T1、T2、

和 T3 处理的根长与 CK1 差异不显著，T4 处理显著低于 CK1。T2 和 T4 处理的植株地上部鲜质量与 CK1 差异显著；T2、T3 和 T4 处理的植株地下部鲜质量与 CK1 差异显著。以上结果表明，设施土壤添加黄沙对番茄的株高、茎粗、根长、植株地上部和地下部生长有积极影响，但并非越多越好。

2.2.2 对番茄果实产量指标的影响 由表 2 可知，随着黄沙添加比例的增加，果实纵径、果实横径、单株产量、667 m²产量均表现为 T2>T3>T1>CK1>T4>CK2。T2 处理的单果质量、单株产量、667 m²产量较 CK1 分别显著提高 9.20%、20.40%、17.39%；T1 和 T3 处理的单果质量、单株产量、667 m²产量均与 CK1 差异不显著；T4 处理的产量性状均显著低于 CK1。T2、T4、CK1、CK2 的果实纵径差异彼此均显著，T2 处理较 CK1 显著增加了 11.65%，T1 和 T3

表 1 不同配比处理对番茄植株生长指标的影响
Table 1 Effects of different treatments on plant growth index of tomato

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	茎粗 Stem diameter/mm	根长 Root length/cm	地上部鲜质量 Aboveground fresh mass/g	地下部鲜质量 Underground fresh mass/g
CK1	192.39±5.21 ab	14.57±1.21 a	25.74±2.28 a	1 330.78±80.28 b	45.44±3.27 c
CK2	164.98±6.38 c	9.18±0.21 b	20.24±1.06 d	660.96±56.32 c	22.56±4.12 e
T1	192.98±3.68 ab	14.67±0.38 a	24.56±2.01 ab	1 384.32±73.24 ab	47.86±3.21 c
T2	200.96±2.39 a	15.37±2.01 a	25.82±1.39 a	1 474.85±85.31 a	58.28±4.63 a
T3	188.92±1.45 b	14.02±1.34 a	24.64±1.03 abc	1 375.21±89.36 ab	50.32±2.06 b
T4	185.80±2.32 b	13.18±0.36 a	21.24±2.30 bc	1 090.68±102.36 c	36.80±2.34 d

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.

表 2 不同处理对番茄产量的影响
Table 2 Effects of different treatments on yield of tomato

处理 Treatment	果实纵径 Fruit longitudinal diameter/mm	果实横径 Fruit transverse diameter/mm	单果质量 Single fruit mass/g	单株产量 Single plant yield/kg	667 m ² 产量 667 m ² yield/kg
CK1	54.35±1.29 b	72.98±2.26 ab	148.10±4.39 bc	3.53±0.36 b	8 408.86±76.21 b
CK2	41.62±2.11 d	53.04±1.82 d	88.78±3.68 e	2.05±0.57 d	5 034.47±127.27 d
T1	55.97±3.32 b	73.29±2.29 ab	145.62±4.21 bc	3.59±0.34 b	8 446.82±98.99 b
T2	60.68±2.35 a	76.38±2.98 a	161.72±1.34 a	4.25±0.28 a	9 871.89±56.57 a
T3	56.35±1.04 b	74.32±3.74 ab	151.97±4.35 b	3.86±0.05 ab	8 789.60±113.14 b
T4	50.70±4.01 c	70.42±2.33 c	135.49±5.33 d	2.98±0.09 c	7 642.15±155.56 c

处理的果实纵径与 CK1 差异不显著。T1、T2 和 T3 处理的果实横径与 CK1 差异不显著。以上结果表明，添加一定比例的黄沙能够提高产量，在 T2 处理下产量最高。

2.2.3 对番茄果实品质的影响 由表 3 可知，果实可溶性糖、可溶性蛋白、维生素 C 和可溶性固形物含量随着黄沙添加比例的增大呈先升高后降低的趋势，T2 处理的含量最高，其中可溶性固形物含量

显著高于 CK1、CK2、T3 和 T4 处理，CK1、T1、T2、T3 和 T4 处理的其他指标差异不显著。T1 处理的可滴定酸含量最高，显著高于 CK2，与其他处理差异不显著。

2.3 土壤理化性质与番茄产量、品质的相关性分析

由表 4 可知，番茄单果质量、单株产量、667 m²产量、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量、可溶性固形物含量、维生素 C 含量与土壤 pH、EC 值、持水孔隙

表 3 不同处理对番茄果实品质的影响
Table 3 Effects of different treatments on fruit quality of tomato

处理 Treatment	w(可溶性糖) Soluble sugar content/%	w(可溶性蛋白) Soluble protein content/ (mg·g ⁻¹)	w(维生素 C) Vitamin C content/ (mg·kg ⁻¹)	w(可滴定酸) Titratable acid content/%	w(可溶性固形物) Soluble solids content/%
CK1	4.49±0.05 a	2.36±0.02 a	8.34±0.15 ab	0.43±0.02 a	4.83±0.11 b
CK2	3.86±0.12 b	1.92±0.02 b	7.29±0.23 b	0.36±0.01 b	3.77±0.03 c
T1	4.59±0.06 a	2.37±0.01 a	8.26±0.12 ab	0.43±0.02 a	4.87±0.04 ab
T2	4.98±0.03 a	2.38±0.03 a	8.46±0.25 a	0.42±0.01 ab	4.92±0.03 a
T3	4.61±0.02 a	2.29±0.09 a	8.27±0.09 ab	0.42±0.02 ab	4.56±0.02 c
T4	4.46±0.19 a	2.32±0.01 a	8.19±0.06 ab	0.42±0.01 ab	4.37±0.05 d

表 4 不同处理土壤理化性质与番茄产量、品质的相关性
Table 4 The correlation between soil physicochemical properties and tomato yield and quality

指标 Index	单果质量 Single fruit mass	单株产量 Per plant yield	667 m ² 产量 667 m ² yield	可溶性糖含量 Soluble sugar content	可溶性蛋白 含量 Soluble protein content	可滴定酸 含量 Titratable acid content	可溶性固形物 含量 Soluble solids content	维生素 C 含量 Vitamin C content
pH	0.682**	0.722**	0.668**	0.817**	0.770**	0.873**	0.690**	0.774**
EC 值 EC value	0.594**	0.618**	0.611**	0.786**	0.712**	0.789**	0.630**	0.726**
容重 Bulk density	-0.386	-0.309	-0.502*	-0.203	-0.369	0.039	-0.499*	-0.386
总孔隙度 Total porosity	-0.095	0.042	-0.284	0.252	-0.101	0.311	-0.223	-0.084
通气孔隙度 Aeration porosity	-0.706**	-0.621**	-0.870**	-0.493*	-0.779**	-0.456	-0.846**	-0.749**
持水孔隙度 Holding water porosity	0.804**	0.802**	0.849**	0.824**	0.889**	0.828**	0.869**	0.881**
有机质含量 Organic matter content	0.830**	0.772**	0.937**	0.634**	0.862**	0.528*	0.942**	0.873**
全氮含量 Total nitrogen content	0.842**	0.792**	0.944**	0.671**	0.879**	0.574*	0.951**	0.889**
碱解氮含量 Alkalytic nitrogen content	0.817**	0.754**	0.929**	0.598**	0.844**	0.492*	0.932**	0.853**
全磷含量 Total phosphorus content	0.841**	0.790**	0.943**	0.668**	0.878**	0.570*	0.950**	0.887**
速效磷含量 Available phosphorus content	0.805**	0.737**	0.920**	0.574*	0.828**	0.459	0.924**	0.839**
全钾含量 Total potassium content	0.835**	0.778**	0.939**	0.645**	0.868**	0.542*	0.945**	0.878**
速效钾含量 Available potassium content	0.828**	0.770**	0.936**	0.628**	0.859**	0.523*	0.942**	0.869**

注：*表示显著相关($p<0.05$)，**表示极显著相关($p<0.01$)
Note: * represents significant correlation($p<0.05$); ** represents extremely significant correlation($p<0.01$).

度、有机质含量、全氮含量、碱解氮含量、全磷含量、全钾含量、速效钾含量均呈极显著正相关,与通气孔隙度呈显著或极显著负相关;667 m²产量和可溶性固形物含量与容重呈显著负相关。可滴定酸含量与土壤 pH、EC 值、持水孔隙度、有机质含量、全氮含量、碱解氮含量、全磷含量、全钾含量、速效钾含量呈显著或极显著正相关,与通气孔隙度呈负相关。以上结果表明,番茄产量指标、品质指标与土壤理化性质有密切关系,但不同指标间相关性存在差异。

3 讨论与结论

本研究中随着黄沙添加比例的增加,土壤全氮、碱解氮、全磷、速效磷、全钾和速效钾含量及 pH、EC 值降低,通气孔隙度升高。张长生等^[25]通过研究掺沙对盐碱地的影响,发现掺沙能够改善土壤物理性状。蔺亚莉等^[16]研究发现,土壤掺沙可以改善土壤的通气性,降低土壤 EC 值和 pH,与本研究结果一致。设施蔬菜长期种植后土壤黏重易板结、

通透性差、pH 高、含盐量大、养分转化和供应慢^[15]。通过添加黄沙后可以增加通气性,降低 pH、EC 值,改变土壤的理化性质,这可能是黄沙中营养物质较少、孔隙度较大、透气性较好造成的^[13-14]。

土壤作为作物生长发育的基础,影响作物生长、产量、品质及生理指标的变化^[3,26-27]。土壤物理性状的改变影响蔬菜产量^[16,25,28],通气性影响根系对养分的吸收^[29],土壤孔隙结构影响作物吸收磷的效率^[30]。土壤养分含量及供给能力影响番茄的生长^[14],土壤盐分高不利于养分、水分吸收^[31],盐分含量影响作物株高、茎粗、干物质积累及根系生长^[32-35],土壤 pH 变化影响养分转化循环^[36]。本研究表明,随着黄沙添加比例的增加,番茄产量、株高、茎粗、根长、植株地上部和地下部鲜质量均呈先升高后降低的变化趋势。在土壤、黄沙体积比为 3:1 时达到最高水平,株高、茎粗较土壤栽培增加 4.45%、5.49%,单果质量、单株产量、667 m² 产量较土壤栽培分别显著提高 9.20%、20.40%、17.39%。吕军^[28]研究发现,通过适量掺沙,可以提高蔬菜产量;蔺亚莉等^[16]研究发现,土壤掺沙可以改善土壤环境,提高玉米产量;马彦霞等^[15]在土壤中掺河沙后,甘蓝叶球变大,产量增加;这与本研究的结果一致。这可能是添加黄沙后土壤理化性质改变,pH、EC 值降低,通气性增加,孔隙结构改变,利于养分转化循环,提高了根系对水分和养分的吸收利用效率,从而促进了植株生长和产量增加。前人通过在土壤中添加农作物秸秆提升了土壤养分含量,改善土壤理化性质,但作物产量降低^[12],与本研究的结果存在差异,可能与秸秆分解缓慢、易导致土壤病原体增加,作物病害加重有关^[37]。

番茄品质受多种因素的影响^[38-39]。本研究结果表明,随着黄沙添加比例增加,番茄果实可溶性糖、可溶性蛋白、维生素 C 和可溶性固形物含量均呈先升高后降低的趋势,在土壤、黄沙体积比为 3:1 时,其含量均高于其他处理。严宗山等^[40]研究发现,黄沙栽培可以提高番茄甜度,降低酸度,提高品质,与本研究结果一致。这可能是黄沙昼夜温差高于土壤,植株中糖分积累与其生长环境温度差有关,大温差条件下有利于糖分积累^[41],也可能与添加黄沙后土壤理化性质改变利于果实生长有关,土壤肥料含量及供肥能力也会影响番茄的生长^[14]。

本研究结果表明,番茄单果质量、单株产量、667 m² 产量、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量、可溶性固形物含量、维生素 C 含量与土壤 pH、EC 值、持

水孔隙度、有机质含量、全氮含量、碱解氮含量、全磷含量、全钾含量、速效钾含量均呈极显著正相关。马彦霞等^[15]研究发现,甘蓝产量与 pH、EC 值、碱解氮含量、全磷含量、速效磷含量、速效钾含量呈极显著负相关,与本研究结果不同,这可能是二者收获的部位不同,对肥料利用不同造成的。

综上所述,在添加黄沙后土壤养分积累量减少,pH、EC 值降低,通气孔隙度增加。在土壤、黄沙体积比为 3:1 时,番茄植株生长、产量、品质优于其他处理。通过相关性分析表明,土壤理化性质变化与番茄生长、产量、品质指标紧密相关,因此,在长期设施种植土壤中添加一定比例的黄沙可以改善土壤理化性质,实现番茄产量和品质的提高。研究结果为该地区设施土壤改良提供了技术支持和理论依据。

参考文献

- [1] 冯丽蓉.武威市凉州区特色农业发展问题及对策研究[D].重庆:重庆三峡学院,2023.
- [2] 王艳萍,李松龄,秦艳,等.不同年限日光温室土壤盐分及养分变化研究[J].干旱地区农业研究,2011,29(3):161-164.
- [3] 李宣志,张金珠,王振华,等.氮盐调控对膜下滴灌加工番茄光合特性及产量的影响[J].华中农业大学学报,2023,42(5):186-194.
- [4] 张艳霞,陈智坤,胡文友,等.陕西省设施农业土壤退化现状分析[J].土壤,2020,52(3):640-644.
- [5] 吴忠红,张乃明,邓玉龙.北方日光温室土壤有机质累积特征研究[J].中国农学通报,2005,21(10):226-228.
- [6] 闫湘.我国化肥利用现状与养分资源高效利用研究[D].北京:中国农业科学院,2008.
- [7] 邵丽,谷洁,张社奇,等.生物复混肥对土壤微生物群落功能多样性和微生物量的影响[J].中国生态农业学报,2012,20(6):746-751.
- [8] 赵天鑫,俄胜哲,王玉忠,等.河西走廊日光温室土壤肥力质量演变研究[J].中国土壤与肥料,2021(6):42-47.
- [9] 陈双臣,刘爱荣,贺超兴,等.有机土栽培和土壤栽培番茄根际基质微生物和酶活性的比较[J].土壤通报,2010,41(4):815-818.
- [10] 贾靓,陈修斌,李翊华,等.河西走廊戈壁温室番茄无土栽培基质筛选[J].蔬菜,2020(6):53-56.
- [11] ZENG W Z, XU C, WU J W, et al. Soil salt leaching under different irrigation regimes: HYDRUS-1D modelling and analysis[J]. Journal of Arid Land, 2014, 6(1):44-58.
- [12] 马志梅,张月,裴亚楠,等.秸秆配施蚯蚓对设施次生盐渍化土壤改良效果[J/OL].农业环境科学学报,1-16[2025-04-03].
<https://link.cnki.net/urlid/12.1347.S.20241218.1347.002>.
- [13] 王登伟,马如海,黄春燕,等.黄沙基质番茄高产栽培关键技术[J].新疆农垦科技,2019,42(6):18-21.
- [14] 杨世梅,王世余,严宗山,等.设施条件下不同黄沙栽培模式对番茄生长、产量和品质的影响[J].北方园艺,2021(13):25-29.

- [15] 马彦霞, 王晓巍, 张玉鑫, 等. 河西绿洲区菜田掺沙对土壤理化性状和甘蓝生长的影响[J]. 核农学报, 2017, 31(11): 2265-2272.
- [16] 蔺亚莉, 李跃进, 陈玉海, 等. 碱化盐土掺砂对土壤理化性状和玉米产量影响的研究[J]. 中国土壤与肥料, 2016(1): 119-123.
- [17] 杨世梅, 张想平, 唐桃霞, 等. 设施黄沙栽培条件下肥料施用量对番茄生长的影响[J]. 中国瓜菜, 2020, 33(1): 24-28.
- [18] 李合生. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [19] 李玉红. 钼蓝比色法测定水果中还原型维生素 C[J]. 天津化工, 2002(1): 31-32.
- [20] 崔天舒. 甜樱桃果实风味品质及花色苷组分的研究[D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2014.
- [21] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [22] 连兆煌. 无土栽培原理与技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- [23] 李玉涛, 李博文, 马理, 等. 不同种植年限设施番茄土壤理化性质变化规律的研究[J]. 河北农业大学学报, 2016, 39(1): 63-68.
- [24] 刘建霞, 马理, 李博文, 等. 不同种植年限黄瓜温室土壤理化性质的变化规律[J]. 水土保持学报, 2013, 27(5): 164-168.
- [25] 张长生, 融晓萍, 杨满红, 等. 掺沙对盐碱地耕层土壤结构和离子含量的影响[J]. 内蒙古农业科技, 2014, 45(6): 1-4.
- [26] GENTILE A, NOTA P, URBINATI G, et al. Morpho-physiological effects of irrigation with saline water in *ex-vitro* plants of *Juglans regia* 'Sorrento' [J]. Plant Biosystems an International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 2023, 157(5): 984-991.
- [27] LI J G, HE P R, CHEN J, et al. Tomato performance and changes in soil chemistry in response to salinity and Na/Ca ratio of irrigation water[J]. Agricultural Water Management, 2023, 285: 108363.
- [28] 吕军. 农业土壤改良与保护[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2001.
- [29] 贺鹏. 苜蓿-玉米轮作影响作物产量的土壤微生态机制[D]. 兰州: 兰州大学, 2024.
- [30] VON TUCHER S, HÖRNDL D, SCHMIDHALTER U. Interaction of soil pH and phosphorus efficacy[J]. Ambio, 2018, 47: 41-49.
- [31] 王天阳. 再生水灌溉对土壤理化特性及作物生长的影响[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2024.
- [32] 刘赛华. 咸水滴灌对土壤盐分及梭梭生长影响研究[D]. 新疆石河子: 石河子大学, 2021.
- [33] 张勇, 毕远杰, 郭向红, 等. 不同生育期微咸水灌溉对玉米生长影响研究[J]. 节水灌溉, 2017(9): 43-46.
- [34] SONG Y X, AN J Q, HE A R, et al. Effect of mulched drip irrigation with saline water on cotton growth and yield[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2016, 23(1): 128-132.
- [35] LI Y, NIU W Q, CAO X S, et al. Effect of soil aeration on root morphology and photosynthetic characteristics of potted tomato plants (*Solanum lycopersicum*) at different NaCl salinity levels[J]. BMC Plant Biology, 2019, 19(1): 331.
- [36] WAN W J, TAN J D, WANG Y, et al. Responses of the rhizosphere bacterial community in acidic crop soil to pH: Changes in diversity, composition, interaction, and function[J]. Science of the Total Environment, 2020, 700: 134418.
- [37] PRASAD J V N S, RAO C S, SRINIVAS K, et al. Effect of ten years of reduced tillage and recycling of organic matter on crop yields, soil organic carbon and its fractions in Alfisols of semi arid tropics of Southern India[J]. Soil and Tillage Research, 2016, 156: 131-139.
- [38] 张智, 景仕豪, 周楠, 等. 不同复合微生物菌剂及施用量对番茄生长和品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2023, 51(9): 119-128.
- [39] 汪晓宇, 郭宁, 刘长梅, 等. CO₂ 加富与 LED 补光对樱桃番茄产量、品质及挥发性物质含量的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(23): 146-152.
- [40] 严宗山, 杨世梅, 张亚萍, 等. 不同黄沙栽培模式对温室番茄生长、产量、光合特性及品质的影响[J]. 中国瓜菜, 2023, 36(12): 100-106.
- [41] 樊煜. 不同栽培方式和不同间距对奶白菜生长的影响[D]. 太原: 太原理工大学, 2019.