

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.20023

几种土壤调理剂改良大棚种植草莓土壤的效果

戴黎^{1, 2}, 杜延全², 朱建强^{1*}

[1. 长江大学农学院, 湖北 荆州 434025;

2. 中化农业(临沂)研发中心有限公司, 山东 临沂 276000]

摘要: 随着草莓产业的稳定高效发展, 设施草莓大棚土壤连作障碍问题日益突出。采用硅钙钾镁、钙镁磷、月桂醇乙氧基硫酸铵、天然海洋萃取物碳酸钙与椰子提取物混合物和聚丙烯酰胺 5 种土壤调理剂进行了小区试验, 分析了不同处理下草莓种植大棚的土壤养分、酶活、盐分以及草莓的产量和品质。结果表明, 硅钙钾镁是改良大棚草莓连作障碍土壤中比较理想的土壤调理剂, 与未施用土壤调理剂的对照(CK)相比, 硅钙钾镁土壤调理剂可以提高土壤 pH 值, 显著增加土壤的碱解氮、有效磷和速效钾含量, 对有机质的影响不显著, 可在一定程度上改善土壤酶的活性。与 CK 相比, 硅钙钾镁土壤调理剂处理草莓增产 19.5% ($P < 0.05$), 平均单果重提高 7.35 g ($P < 0.05$), 草莓果实的可溶性糖增加 10% ~ 18%, 可滴定酸增加 3.1% ~ 18.3%, 维生素 C 增加 1.4% ~ 23.5%, 花色苷增加 0.7% ~ 43%。此外, 聚丙烯酰胺处理较 CK 处理, 草莓产量提高 19.1% ($P < 0.05$), 平均单果重增加 14.51 g ($P < 0.05$), 土壤水溶性总盐较 CK 可降低 11% ($P < 0.05$), 其中主要是降低 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 含量。为有效克服草莓连作土壤障碍, 建议将硅钙钾镁和聚丙烯酰胺配合使用。

关键词: 土壤调理剂; 土壤养分; 土壤酶活; 连作障碍; 草莓

草莓是富有营养的浆果类果品, 具有多种营养保健功能, 经济效益相对较高^[1]。在大棚多年种植草莓的生产过程中, 由于大量使用化学肥料、忽视补充中微量元素肥和不科学的水肥管理, 使得一系列问题随之出现, 成为限制草莓产业发展的主要因素之一。大棚草莓连作障碍主要表现为病虫害发生和蔓延、土壤板结、盐渍化、养分不平衡等^[2-4], 这些变化影响了草莓生长, 增加了草莓鲜果质量安全风险, 制约了区域草莓产业的可持续发展。就粮食安全、环境发展及土壤养分循环来看, 科学技术和必要的土壤改良才能使土壤持续发展^[5]。土壤调理剂能有效地改良土壤理化性状, 增加土壤肥力, 促进微生物活性, 从而提高障碍土壤的生产力^[6], 土壤调理剂已经是修复障碍土壤的重要手段之一。目前, 市场上土壤调理剂种类繁多, 但根据土壤调理剂的成分、功能和作用机理以及应用的土壤类型不同, 其使用效果差异较大^[7]。因此, 寻找更加经济、环保且有效的土壤调理剂, 已成为目前连作障

碍土壤改良研究的重要方向。本研究所采用的硅钙钾镁土壤调理剂和钙镁磷土壤调理剂不仅能调节土壤理化性状, 而且可以为土壤补充钙、镁、硅等中微量元素, 并且广泛的应用于南方酸性土壤的改良中, 免申耕土壤调理剂(月桂醇乙氧基硫酸铵)可以降低土壤的容重, 增加孔隙度和阳离子交换量, 改善土壤生态环境^[8], 聚丙烯酰胺可以改善无盐土壤结构、保持水分和防止肥料流失^[9]。但是, 上述土壤调理剂改良大棚草莓连作障碍土壤的效果如何, 目前的研究相对较少。对此, 我们开展了试验研究。

1 材料与方法

1.1 试验地基本情况

种植草莓的大棚试验地位于山东省临沂市莒南县兰墩官庄村, 大棚内种植的草莓为当地主栽品种“久香”, 草莓连作已有 5 年。草莓每年 9 月下旬种植, 从 12 月中下旬开始收获, 收获期至来年 5 月上旬。草莓收获后每个种植棚(950 m²)施用鲜猪粪 10 m³, 用石灰氮进行杀毒、杀菌。7 月至 8 月覆膜封棚, 利用夏季高温天气自然热量进行鲜猪粪发酵和杀菌。

试验地内的大棚呈东西走向布置, 面积为

收稿日期: 2020-01-09; 录用日期: 2020-03-17

基金项目: 中化农业重点研发项目(072018017F)。

作者简介: 戴黎(1995-), 女, 湖北麻城人, 硕士研究生, 从事农业水土资源与环境研究。E-mail: qingniandaili@sina.com。

通讯作者: 朱建强, E-mail: 200572@yangtzeu.edu.cn。

95 m × 10 m; 棚内沿南北向起垄, 垄宽为 0.8 m。试验前取土样检测, 得到耕层土壤 (0 ~ 20 cm) 的基本理化性质指标为: pH 5.98, 有机质 24.45 g · kg⁻¹, 碱解

氮 139.84 mg · kg⁻¹, 有效磷 (P) 133.25 mg · kg⁻¹, 速效钾 (K) 568.32 mg · kg⁻¹; 耕层土壤的盐分含量如表 1 所示。

表 1 试验前土壤盐分含量

(g · kg⁻¹)

HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	总盐
0.1003	0.5864	0.904	0.0957	0.3105	0.2528	0.1385	0.0995	3.032

1.2 试验设计

选用 5 种土壤调理剂用于试验, 品名和主要成分为: 硅钙钾镁土壤调理剂, 粉末状, 含 SiO₂ 30%、CaO 28%、K₂O 3%、MgO 4%; 钙镁磷土壤调理剂, 含 CaO 35%、MgO 14%、P₂O₅ 12%; 免申耕土壤调理剂, 含月桂醇乙氧基硫酸铵 24% ~ 26%; 中洁土壤调理剂, 主要成分为天然海洋萃取物碳酸钙和椰子提取物; 聚丙烯酰胺调理剂。

试验设置 6 个处理: CK 为对照, 按当地生产习惯, 于 5 月草莓收获后向草莓种植棚施入鲜猪粪 105 m³ · hm⁻² (即每棚 10 m³), 在 9 月下旬草莓种植前基施复合肥 (N-P₂O₅-K₂O 16-7-8) 1050 kg · hm⁻² 和金能佳菌剂 1684 kg · hm⁻² (即每棚 160 kg); 其余 5 个处理分别为在 CK 基础上使用土壤调理剂硅钙钾镁 1125 kg · hm⁻² (T1)、钙镁磷 1125 kg · hm⁻² (T2)、免申耕 30 kg · hm⁻² (T3)、中洁 45 kg · hm⁻² (T4)、聚丙烯酰胺 22.5 kg · hm⁻² (T5)。由于用量较少, 施用前与 20 ~ 30 kg 细干土充分混匀, 通过多次翻耕与耕层土壤混匀, 再灌水, 之后进行起垄、定植、覆膜。

每个处理重复 3 次, 每个重复为 3 垄, 随机区组排列。每小区面积为 24 m², 草莓株距 20 cm, 双行定植, 每垄定植 110 株。试验棚的日常生产管理与当地农民生产习惯一致。

1.3 样品采集与测定

1.3.1 土壤样品的采集与测定

在草莓的开花期、挂果期和收获后期每小区各取 0 ~ 20 cm 耕层混合土壤样品, 按现行方法测定有关指标^[10]: 土壤的 pH 值用酸度计法 (土:水 = 1:2.5), 有机质含量用重铬酸钾容量法, 碱解氮用碱解扩散法, 有效磷采用 NaHCO₃ 浸提-钼锑抗比色法, 速效钾用中性 NH₄AcO 浸提-火焰光度法; 土壤脲酶测定采用苯酚钠-次氯酸钠比色法, 蔗糖酶用 3, 5-二硝基水杨酸比色法, 过氧化氢酶用高锰酸钾滴定法。离子组成的具体测定方法为:

HCO₃⁻ 用双指示剂盐酸滴定法; Cl⁻ 用 AgNO₃ 滴定法; NO₃⁻ 采用 2 mol · L⁻¹ KCl 浸提-紫外分光光度法; SO₄²⁻ 用 EDTA 间接滴定法; Ca²⁺、Mg²⁺ 用原子吸收分光光度法; K⁺、Na⁺ 用火焰光度法; 总盐含量采用质量差法。

1.3.2 草莓样品采集与测定

在草莓进入收获期后, 随机进行 3 次草莓样品的采集, 每小区选择 5 株, 采集成熟草莓带回实验室测定主要品质指标。其中, 可溶性糖采用蒽酮比色法测定; 维生素 C 含量用高效液相色谱法测定; 可滴定酸含量采用 0.05 mol · L⁻¹ NaOH 滴定法测定; 花色苷采用紫外分光光度法测定。

1.3.3 产量数据的采集

草莓的收获期比较长, 本试验分别在草莓收获的早期、中期和尾期按小区随机进行 3 次完全收获, 每次随机选择 5 株测定草莓单果重, 以每小区 3 次收获量作为每小区的总产。

1.4 数据统计与分析

应用 DPS 15.10 高级版进行方差分析, Duncan 法进行处理间多重比较, 利用 Excel 2010 作图。

2 结果与分析

2.1 不同处理土壤的养分含量

草莓开花期、挂果期和收获后期的土壤有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量如表 2 所示。可以看出, 开花期至挂果期是土壤有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量迅速下降的时期。与开花期相比, 挂果期土壤有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量分别减少了 9%、60%、20% 和 35%, 因为此阶段草莓结果需养分较大, 且灌溉水相对后期较频繁。

对表 2 试验结果进一步分析表明, 草莓开花期后 T1、T5 处理下土壤的有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量均高于 CK, 但是 T5 土壤有机质、碱解氮含量与 CK 差异不显著。表明施用土壤调理剂硅钙钾镁和聚丙烯酰胺可有效提高土壤速效养分含量。

表 2 不同处理土壤的养分含量

处理	有机质 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)			碱解氮 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)			有效磷 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)			速效钾 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)		
	开花期	挂果期	收获后期	开花期	挂果期	收获后期	开花期	挂果期	收获后期	开花期	挂果期	收获后期
CK	30.83bc	27.59ab	28.35a	385.6b	144.0b	117.5b	415.8d	361.2c	287.1c	945d	638d	483d
T1	35.23a	30.09a	29.65a	520.1a	160.0a	140.4a	603.8a	390.3b	303.9b	1279a	714a	586a
T2	26.95c	26.65b	27.48a	394.7b	149.4b	118.2b	590.6b	376.3b	294.2c	830e	590f	495d
T3	30.05bc	26.89ab	27.32a	391.2b	156.0ab	130.0ab	379.5f	360.8c	291.7c	829e	619e	483d
T4	29.89bc	28.57ab	27.23a	344.3c	151.2b	127.1b	392.9e	311.8d	252.6d	1072c	686b	566b
T5	34.67ab	29.67ab	29.64a	407.2b	161.8a	138.3a	440.9c	410.2a	325.6a	1180b	658c	535c

注：同列数字后小写字母不同表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

2.2 不同处理的土壤 pH 值和酶活性

草莓开花期、挂果期和收获后期的土壤 pH 值、过氧化氢酶、脲酶和蔗糖酶活性如图 1 所示。可以看出，开花期时土壤的 pH 值显著大于土壤背景 pH 值，主要是因为草莓大棚前期使用石灰氮和有机肥等进行高温闷棚处理，从开花期 - 挂果期土壤 pH 值下降明显，达到 1 个单位左右，从挂果期 - 收获后期变化不大。其中，在开花期时，只有 T1 处理和 T5 处理显著高于 CK 0.11 和 0.09 个单位，其它处理差异不显著；挂果期到收获后期一直以 T1 和 T2 处理的 pH 值最大，且与 CK 差异显著，其余处理对 pH 值影响不大。

土壤酶作为重要的土壤肥力指标，可以催化土壤中微生物进行的生物学和化学反应。随生育进

程，土壤的过氧化氢酶和脲酶活性呈逐渐降低的趋势，但土壤蔗糖酶活性呈增加趋势，主要是因为过氧化氢酶和脲酶活性与土壤有机质和氮磷含量呈正相关关系，且酸性条件会导致过氧化氢酶和脲酶活性丧失，但是酸化会促进，且蔗糖酶活性与施肥种类及种植方式有关。在草莓整个生育阶段，土壤过氧化氢酶活性一直以 T1 处理最高，较 CK 高出 25.8% ~ 47.9%，且差异显著，T5 处理次之；土壤脲酶活性仍以 T1 处理含量最高，显著高于 CK 17.1% ~ 40.5%，其次是 T5 处理高出 5.9% ~ 39.8%；土壤蔗糖酶活性最高的处理是 T5，较 CK 高出 30.2% ~ 39.0%，T1 处理次之。从各处理间的方差分析可以看出，T1 处理可以显著提高土壤过氧化氢酶、脲酶和蔗糖酶的活性。

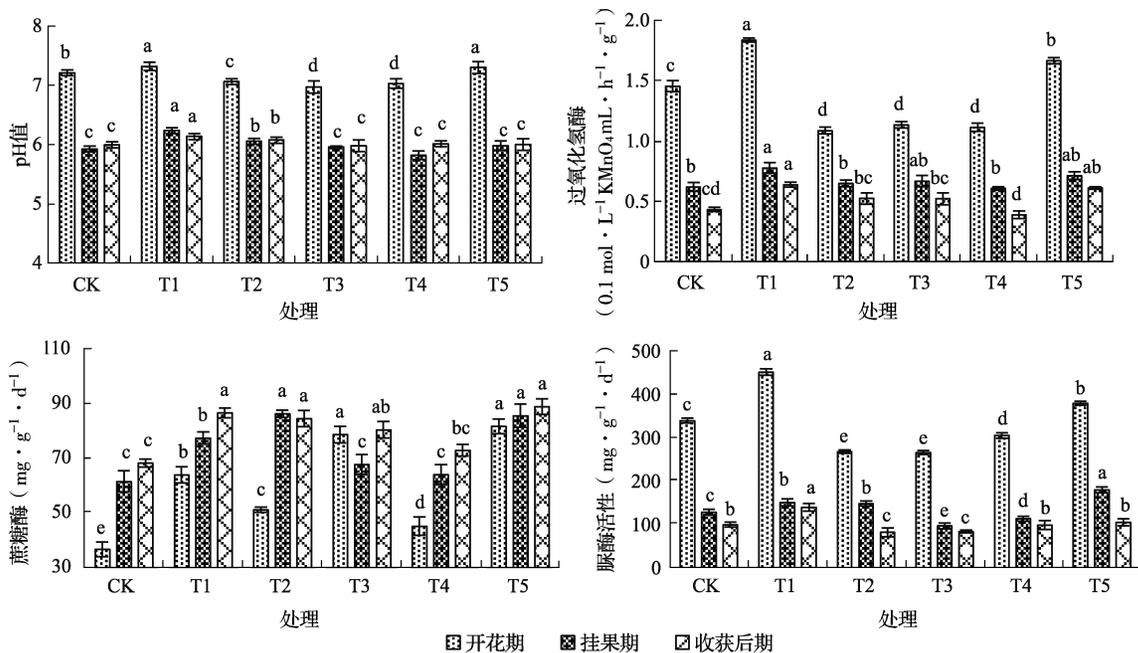


图 1 不同处理土壤的 pH 值和酶活性

注：不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

2.3 不同处理土壤的盐分

草莓开花期、挂果期和收获后期的土壤水溶性总盐和水溶性阴阳离子 (HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+}) 含量如图 2 所示。可以看出,除了 NO_3^- 以外,土壤总盐和各阴阳离子

含量随生育期的进程呈下降趋势,其中,开花期—挂果期下降明显,土壤总盐含量在挂果期较开花期下降了 23% 左右,主要是受灌溉水淋洗的影响,后期为了避免草莓果实沾水腐烂,减少了灌溉水的次数和水量。

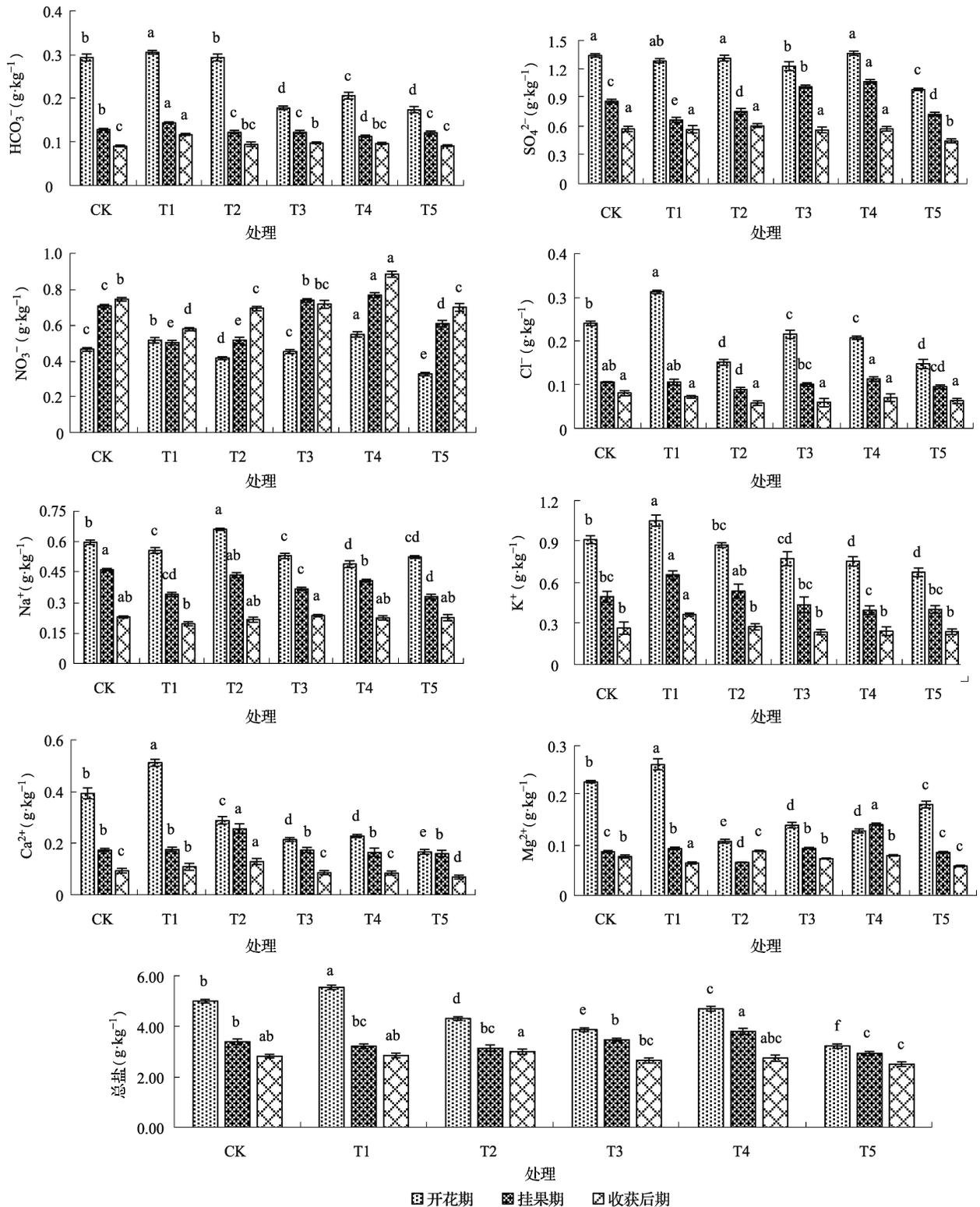


图 2 不同处理土壤的盐分含量

在草莓全生育期,与CK相比,施用不同土壤调理剂各处理土壤的阴阳离子含量均发生了不同程度的变化: HCO_3^- 的含量在开花期和挂果期时除了 T1 处理有所增加外,其余处理均有不同程度的降低,其中 T5 处理的含量最低,且较 CK 达到显著水平,在收获后期,各处理 HCO_3^- 的含量均高于 CK,除了 T1 和 T3 处理外均与 CK 无显著差异; SO_4^{2-} 的含量以 T5 处理含量最低,较 CK 降低 15.7% ~ 48.7%,且差异显著,其次是 T3 和 T1 处理含量较低; NO_3^- 的含量在开花期 T5 和 T2 含量最低,到挂果期和收获后期 T1 和 T2 处理的含量显著低于 CK 22.3% ~ 28.8% 和 6.8% ~ 27.1%; Cl^- 的含量在开花期和挂果期 T5 和 T2 处理含量最低,二者间无显著差异,且与 CK 差异显著,在收获后期各处理的 Cl^- 含量无显著差异; Na^+ 的含量在开花期和挂果期 T5 处理显著低于 CK,到收获后期各处理均与 CK 无显著差异; K^+ 的含量在开花期时 T5、T4、T3 处理显著低于 CK, T1 处理显著高于对照, T2 处理无显著影响,在挂果期和收获后期 T5 含量最低,但与 CK 无显著差异; Ca^{2+} 的含量在开花期、挂果期和收获后期均以 T5 处理最低,其次是 T3 和 T4 处理; Mg^{2+} 的含量综合来看, T5 处理均低于 CK,且在开花期和收获后期时与 CK 差异显著。总

盐含量在开花期、挂果期和收获后期均以 T5 处理最低,较 CK 降低了 11.1% ~ 35.4%,且差异显著,表明聚丙烯酰胺可以在一定程度上有利于降低土壤盐分。

2.4 不同处理草莓果实的品质

草莓收获期果实的可溶性糖、可滴定酸、维生素 C 和花色苷含量如表 3 所示。可以发现,草莓可溶性糖的含量在收获前期-中期明显下降,中期-后期差异不大,主要是因为土壤中钾元素含量的降低,从而影响果实中可溶性糖的积累,同时也受到了光照和温度等的影响;可滴定酸的含量从收获前期到后期有所增加,这主要是因为收获后期,光照时间延长,棚内温度升高,有利于果实酸的累积;维生素 C 含量随收获期延长而呈降低趋势,花色苷含量呈“V”型趋势。在草莓收获期,与 CK 相比, T2 和 T1 处理可以提高草莓的可溶性糖含量, T1 处理草莓可滴定酸含量最高,维生素 C 含量最高的是 T2 处理,花色苷含量最高的是 T5 处理;各处理间差异显著性分析表明, T1 处理的草莓可溶性糖、可滴定酸、维生素 C 和花色苷含量显著提高, T2 处理的草莓可溶性糖和维生素 C 含量显著增加, T5 处理的草莓花色苷含量显著提升,说明硅钙钾镁和钙镁磷 2 种土壤调理剂可以改善草莓的品质。

表 3 不同处理对草莓果实品质的影响

处理	可溶性糖 (%)			可滴定酸 (%)			维生素 C ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)			花色苷 ($\text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$)		
	前期	中期	后期	前期	中期	后期	前期	中期	后期	前期	中期	后期
CK	5.29cd	4.11cd	4.43c	1.30c	1.43e	1.70bc	309.32e	243.72c	189.71c	39.12b	12.83d	26.81c
T1	5.84b	4.85b	5.09b	1.34b	1.77b	2.01a	381.93b	267.34b	192.34c	39.41b	18.40b	41.60a
T2	6.56a	6.10a	5.38ab	1.28c	1.45d	1.65c	421.08a	271.38b	232.45a	30.07c	12.22d	20.74e
T3	5.07d	3.34e	3.09d	1.22d	1.60c	1.60c	337.74d	238.41c	168.45e	23.90d	15.65c	24.30d
T4	4.62e	3.94d	4.38c	1.37a	1.95a	1.65c	342.88d	245.90c	179.74d	27.25c	13.16d	19.86e
T5	5.64bc	4.39c	5.69a	1.25d	1.59c	1.76b	363.06c	289.72a	206.12b	49.37a	30.21a	29.20b

2.5 不同处理对草莓产量的影响

表 4 为施用不同土壤调理剂对草莓的产量及其单果重的影响,可以看出,从收获前期到收获后期,草莓的产量呈“倒 V”趋势,而草莓单果重呈降低趋势,说明在草莓收获前期影响草莓产量的主要因素是草莓果实的大小,收获中期影响草莓产量的限制因子是草莓数量。在整个收获期, T1 和 T5 处理的产量最高,较对照分别高出 6.6% ~ 32.6% 和 10.2% ~ 40.8%,3 次产量总计来看, T1 和 T5 处理分别增加 19.5% 和 19.1%;草莓单果重以 T5

处理最大,重达 58.83 g,平均单果重超出 CK 14.51 g,其次是 T1 处理,平均超出对照 7.35 g;各处理间差异显著性显示, T1 和 T5 处理产量较 CK 差异达到显著水平,且二者间无显著差异,说明硅钙钾镁土壤调理剂和聚丙烯酰胺可以一定程度提高草莓的产量。

3 讨论

3.1 土壤调理剂对土壤 pH 值的影响

在草莓大棚多年连续种植的模式下,化学肥料的不合理施用,会通过土壤的硝化等一系列作用产生

表 4 不同处理对草莓产量的影响

处理	产量 (kg · hm ⁻²)				单果重 (g)			
	前期	中期	后期	3 次收获量	前期	中期	后期	平均值
CK	1235.53bc	1722.37b	1074.56d	4032.46bc	42.17c	23.61d	13.33b	26.37c
T1	1556.14a	1836.40a	1425.44ab	4817.98a	54.50ab	33.12c	13.56b	33.72b
T2	1109.65c	1463.60c	1232.46c	3805.70cd	35.16d	28.99c	12.23b	25.46c
T3	1126.75c	1158.33d	1346.49b	3631.58d	35.33d	38.88b	18.89a	31.03b
T4	1292.54b	1906.14a	970.17e	4168.85b	52.34b	33.64c	13.34b	33.11b
T5	1360.96b	1928.07a	1513.16a	4802.19a	58.83a	43.80a	19.97a	40.88a

大量的 NO₃⁻, 同时不合理的灌溉方式^[11], 导致部分阴离子如 NO₃⁻ 有可能淋溶出根区, 而 H⁺ 则留在表层土壤中, 导致土壤酸化。冀建华等^[12] 研究发现, 硅钙钾镁可以显著提高土壤 pH 值, 有效促进土壤交换性酸的消耗。本研究表明, 硅钙钾镁土壤调理剂有提高土壤 pH 值的趋势, 主要是因为硅钙钾镁土壤调理剂 (pH 为 9 ~ 11) 呈碱性, 可以部分中和土壤中的 H⁺, 而且含有大量钙镁钾等阳离子, 可以取代原本吸附在土壤胶体表面的 H⁺ 和 Al³⁺, 导致土壤胶体表面盐基离子含量增多, 土壤 pH 上升。

3.2 土壤调理剂对土壤养分的影响

魏岚等^[13] 在辣椒上的研究表明, 碱性土壤调理剂能提高土壤 pH、有机质、速效氮磷钾。黎庆芬等^[14] 发现, 施用钙镁磷、硅钙等土壤调理剂, 可提高酸性稻田土壤有机质、有效磷、速效钾和 pH。谭青涛等^[15] 在烟田上的研究表明, 硅钙钾镁土壤调理剂能有效提高土壤的 pH 值、速效钾、有效磷含量, 但对碱解氮无显著效果。

本研究表明, 硅钙钾镁土壤调理剂可以有效提高土壤的有效磷、速效钾含量, 同时也可提高土壤的碱解氮含量, 这可能是因为设施大棚的种植模式下, 会减少土壤中铵态氮的挥发, 大量施用氮肥, 导致土壤中硝态氮的积累。同时, 由于硅钙钾镁土壤调理剂可以提高土壤脲酶的活性, 从而增加土壤碱解氮的含量。

硅钙钾镁土壤调理剂引起土壤 pH 值升高, 间接使土壤氧化还原电位降低、还原物质增加。在还原条件下, 土壤中还还原出的铁锰等离子会使一部分原被吸附的钙钾钠离子变成速效性, 使土壤速效养分增加。

3.3 土壤调理剂对土壤盐分的影响

土壤盐渍化是引起设施栽培连作障碍的主要原因之一。员学锋^[16] 的研究表明, 聚丙烯酰胺可以

有效抑制土壤淋溶损失, 提高肥料的利用率。本研究表明, 聚丙烯酰胺可以有效降低土壤中可溶性盐分的含量。这是因为其具水溶液粘度大和离子吸附、凝絮作用等特性^[17], 且其分子链上的酰胺基、羟基可与土壤颗粒相互吸附, 形成稳定的土壤团聚体^[18], 吸附盐分离子, 降低土壤中可溶性盐分的含量, 从而降低盐分对草莓植株的影响。

3.4 土壤调理剂对草莓产量和品质的影响

涂玉婷等^[19] 发现硅钙钾镁肥能显著提高香蕉产量, 并一定程度的增加果肉中维生素 C、可溶性糖和可溶性固形物含量。栗方亮等^[20] 的研究表明硅钙钾镁肥能提高蜜柚的产量以及 Vc 和可溶性糖含量。

本研究表明, 硅钙钾镁土壤调理剂可以增加草莓产量 6.6% ~ 32.6%, 同时提高草莓果实的可溶性糖、可滴定酸和维生素 C 的含量, 因为硅钙钾镁土壤调理剂中含有大量的硅、钙、镁中微量元素, 养分全面, 能有效促进作物生长, 同时, 能够调节土壤 pH 值, 稳定土壤养分状况, 改善土壤环境。聚丙烯酰胺也有一定的增产效果, 主要是因为聚丙烯酰胺可以提高草莓的单果重, 从而增加产量。

4 结论

向草莓连作 5 年的大棚土壤施入土壤调理剂硅钙钾镁 1125 kg · hm⁻², 可以提高土壤 pH, 显著增加土壤的有机质 9.3%、碱解氮 21.8%、有效磷 19.7% 和速效钾 22.8%, 一定程度上可改善土壤酶活性, 草莓产量提高 19.5% 左右, 草莓果实的可溶性糖增加 14.4%, 可滴定酸增加 15.1%, 维生素 C 增加 11.5%。

本试验土壤中盐分含量最高的离子为 SO₄²⁻ 和 NO₃⁻, 施用聚丙烯酰胺 22.5 kg · hm⁻² 土壤水溶性总盐含量可以降低 11.1% ~ 35.4%。

参考文献:

- [1] 罗学兵, 贺良明. 草莓的营养价值与保健功能 [J]. 中国食物与营养, 2011, 17 (4): 74-76.
- [2] 孙亚玲, 刘少军, 许念芳, 等. 山东省草莓产业现状及发展对策 [J]. 中国果菜, 2018, 38 (9): 44-47.
- [3] 王娟. 草莓连作障碍防治技术研究 [J]. 中国林副特产, 2009 (4): 84-88.
- [4] 刘小林, 徐胜光, 刘紫英, 等. 草莓连作自毒障碍研究综述 [J]. 宜春学院学报, 2017, 39 (12): 1-5.
- [5] Lal R. Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition [J]. Food Security, 2009, 1 (1): 45-57.
- [6] 王艳芳, 苏婉玉, 张琳, 等. 土壤改良剂在设施蔬菜上的应用研究进展 [J]. 贵州农业科学, 2018, 46 (4): 102-105.
- [7] 谷雨, 蒋平, 李志明, 等. 不同土壤调理剂对酸性土壤的改良效果 [J]. 湖南农业科学, 2015 (3): 61-64.
- [8] 陈燎. 免申耕牌土壤调理剂对柑橘园土壤的改良试验 [M] // 中国土壤学会. 面向未来的土壤科学 (中册)——中国土壤学会第十二次全国会员代表大会暨第九届海峡两岸土壤肥料学术交流研讨会论文集. 南京: 中国土壤学会, 2012. 407-410.
- [9] 马鑫. 聚丙烯酰胺对盐渍化土壤物理和水力特性的影响及机理研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2014.
- [10] 鲍士旦. 土壤与农业化学分析 (第3版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [11] 廖伟, 吴忠东, 沈新磊. 土壤酸化治理研究进展 [J]. 河南农业, 2019 (25): 23.
- [12] 冀建华, 李絮花, 刘秀梅, 等. 硅钙钾镁肥对南方稻田土壤酸性和盐基离子动态变化的影响 [J]. 应用生态学报, 2019, 30 (2): 583-592.
- [13] 魏岚, 杨少海, 邹献中, 等. 不同土壤调理剂对酸性土壤的改良效果 [J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2010, 36 (1): 77-81.
- [14] 黎庆芬, 程健超. 不同土壤调理剂对酸性土壤的改良效果 [J]. 安徽农业科学, 2016, 44 (15): 140-142.
- [15] 谭青涛, 程云吉, 赵新峰, 等. 硅钙钾镁肥不同用量对土壤养分及烟叶品质的影响 [J]. 中国农学通报, 2019, 35 (10): 25-29.
- [16] 员学锋. PAM 的土壤保水、保肥及作物增产效应研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2003.
- [17] Sojka R E, Bjorneberg D L, Entry J A, et al. Polyacrylamide in agriculture and environmental land management [J]. Advances in Agronomy, 2007, 92: 75-102.
- [18] Mamedov A I, Levy G, Huang C, et al. Aggregate stability as affected by polyacrylamide molecular weight, soil texture, and water quality [J]. Soil Science Society of America Journal, 2007, 71 (6): 1909-1918.
- [19] 涂玉婷, 彭智平, 黄继川, 等. 施用不同品种硅钙钾镁肥对香蕉产量、品质及土壤养分的影响 [J]. 中国农学通报, 2019, 35 (4): 40-45.
- [20] 栗方亮, 张青, 王煌平, 等. 土壤调理剂对蜜柚产量、品质及土壤性状的影响 [J]. 中国农学通报, 2018, 34 (6): 39-44.

Effects of several soil conditioners on improving the soil in greenhouse for strawberry plantation

DAI Li^{1, 2}, DU Yan-quan², ZHU Jian-qiang^{1*} (1. Agriculture College of Yangtze University, Jingzhou Hubei 434025; 2. Linyi Agricultural Research and Development Center, Sinochem Chemical Fertilizer Co. Ltd., Linyi Shandong 276000)

Abstract: With the stable and efficient development of strawberry industry, the obstacle of continuous planting in greenhouse is becoming more and more serious. In this experiment, five different soil conditioners were tested, including silicon-calcium-potassium-magnesium conditioner, calcium-magnesium-phosphate conditioner, lauryl alcohol-ammonium ethoxy sulfate, mixture of natural marine extract calcium carbonate and coconut extract and polyacrylamide. The soil nutrients, enzyme activities, salt content, yield and quality of strawberries under different experimental treatments were analyzed. The results showed that silicon-calcium-potassium-magnesium was an ideal soil conditioner to improve the soil with continuous cropping obstacle of strawberry planted in greenhouse. Compared with the treatment of CK, the application of silicon-calcium-potassium-magnesium conditioner improved the soil pH value, significantly increased soil alkali hydrolyzed nitrogen, available phosphorus and available potassium, but had no significant effect on the organic matter, and it could improve soil enzyme activity to a certain extent. Compared with CK, the yield of strawberries with silicon-calcium-potassium-magnesium treatment increased by 19.5% ($P < 0.05$), the average weight of single fruit increased by 7.35 g ($P < 0.05$), soluble sugar increased by 10% ~ 18%, titratable acid increased by 3.1% ~ 18.3%, vitamin C increased by 1.4% ~ 23.5%, anthocyanin increased by 0.7% ~ 43%. In addition, compared with the control, polyacrylamide treatment tended to increase the yield of strawberry by 19.1% ($P < 0.05$), the average single fruit weight by 14.5 g ($P < 0.05$), and decrease the total water-soluble salts in soil by 11% ($P < 0.05$), especially the contents of SO_4^{2-} , NO_3^- . In order to effectively overcome the long-term continuous cropping obstacle of strawberry, it is suggested that silicon-calcium-potassium-magnesium conditioner and polyacrylamide should be combined applied.

Key words: soil conditioner; soil nutrient; soil enzyme activity; continuous cropping obstacle; strawberry