

日光温室土壤养分变化及次生盐渍化程度与种植年限的关系

杨园媛¹, 贾圣青¹, 贺晓燕¹, 刘楠¹, 张万², 任苗², 张明科^{1*}

(1. 西北农林科技大学园艺学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 泾阳县蔬菜技术推广站, 陕西 泾阳 713700)

摘 要: 以泾阳县 7 个镇的 1 038 栋日光温室内的土壤为研究对象, 进行了土壤养分含量、pH 值及电导率测定, 研究日光温室内的土壤理化性质变化与种植年限的关系, 为明确土壤肥力、存在问题和科学施肥提供理论依据。结果表明, 随着种植年限的延长, 日光温室土壤有机质先增加后减少; 碱解氮、有效磷平均含量在 16 ~ 20 年期间达到最大; 速效钾在各年限阶段平均值均大于 600 mg · kg⁻¹; 日光温室土壤 EC 值大于 500 μS · cm⁻¹, 表明土壤次生盐渍化趋势明显; 土壤 pH 值均大于 7.0, 为碱性土。综上所述, 该地区日光温室普遍发生了不同程度的土壤次生盐渍化现象, 但与种植年限关系不明显。

关键词: 日光温室; 土壤; 养分变化; 种植年限; 次生盐渍化

近年来, 我国设施农业迅速发展, 其中设施种植规模更是连年增长, 设施种植已经成为我国现代农业的重要组成部分^[1-4]。目前中国北方地区的设施农业主要以日光温室为主^[5-6], 然而在日光温室中, 由于设施的固定性、设施栽培年限的增加以及栽培作物的单一性、重复性, 加上施肥不合理等原因, 出现土壤养分不平衡现象, 从而引起土壤微生物种群改变、土壤结构破坏和次生盐渍化等问题, 已成为我国设施农业可持续高效利用的重要瓶颈^[7]。尤其是土壤次生盐渍化问题已经成为设施蔬菜生产的主要障碍因子^[2, 8-10]。土壤一旦发生次生盐渍化, 作物生长发育会受到抑制, 产量和品质都会受到严重影响, 一般会造成减产 20% ~ 40%, 严重的减产 60% 以上, 甚至绝收^[11]。

泾阳是陕西设施蔬菜生产大县, 自从 1993 年引进日光温室, 已有 25 年的种植历史。全县蔬菜种植面积 2.6 万 hm², 其中设施蔬菜近 1.3 万 hm²。近年来, 在日光温室蔬菜生产中, 普遍出现蔬菜死棵、减产、病虫害加重、产品品质不佳等问题, 严重影响种植收益, 迫切希望从技术层面入手, 通过系统研究, 解决问题, 提升产业发展。

因此, 为了更好地服务于泾阳蔬菜“提级升等、提质增效、做强做绿”的发展思路, 本研究对该地区不同种植年限日光温室土壤的理化性质进行测试, 分析其变化规律, 以期发现生产中存在的问题, 开展相关研究, 为该地区日光温室蔬果的科学种植管理进行指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

于 2018 年 6 ~ 8 月与 2019 年 7 月两个时间段, 在泾阳县 7 个镇进行土壤样品采集。取日光温室中 0 ~ 20 cm 耕层土壤, 每栋温室按“Z”形采样法采集 5 个点组成 1 个混合样品, 将土壤样品装入封口袋密封, 共采集土样 1 038 份, 其中口镇 71 份, 安吴镇 339 份, 中张镇 152 份, 云阳镇 282 份, 桥底镇 73 份, 三渠镇 64 份, 王桥镇 57 份。各镇各村日光温室种植年限均有差异, 前茬或者种植作物也不同(表 1)。土样进行统一编号, 记录种植年限、上茬作物及下茬作物等信息, 并于室内阴干过筛, 然后进行相关项目测试。

如表 1 所知, 该地区日光温室在取土时种植作物多数为番茄。于 2019 年 6 月, 选取 1 ~ 5、6 ~ 10、11 ~ 15、16 ~ 20、21 ~ 25 年 5 个栽培年限阶段, 29 户番茄种植户进行两年越冬茬番茄种植管理的调查。通过样表统计施肥方式、灌溉方式、耕作方式等资料。结果表明, 2018、2019 年两年越冬茬番茄种植管理一致, 施用的化肥种类主要有磷酸二铵、复合肥、尿素等; 有机肥以农家肥为主, 包括鸡粪、牛粪、羊粪、鹌鹑粪。具体用量见表 2。

收稿日期: 2019-10-12; 录用日期: 2019-11-09

基金项目: 杨凌示范区农业科技示范推广基地项目(JD20180101); 杨凌示范区示范能力提升项目(2018-GG-25); 国家大宗蔬菜产业技术体系(CARS-23-G22); 陕西省农业科技创新集成推广项目。

作者简介: 杨园媛(1992-), 女, 四川彭州人, 硕士研究生, 主要从事蔬菜栽培研究。E-mail: 572421327@qq.com。

通讯作者: 张明科, E-mail: zhangmk1101@nwsuaf.edu.cn。

表 1 土样分区区域及种植作物

前茬作物	口镇	安吴镇	中张镇	云阳镇	桥底镇	三渠镇	王桥镇
番茄	71	337	47	250	72	64	36
甜瓜			24	4			
黄瓜			8	18	1		18
豇豆			33				
甘蓝			16	9			
葡萄		1					3
辣椒			10				
西兰花		1		1			
茄子			9				
无			5				

表 2 日光温室越冬茬番茄土壤施肥状况及灌溉方式

种植年限	农家肥 (kg · hm ⁻²)	配方肥 (kg · hm ⁻²)	菌肥 (kg · hm ⁻²)	复合肥 (kg · hm ⁻²)	灌溉方式
1 ~ 5 (n=3)	36 250 ± 31 893	508 ± 382	900 ± 300	450 ± 779	漫灌 (n=3) 滴灌 (n=8)
6 ~ 10 (n=13)	97 424 ± 54 763	1 146 ± 780	757 ± 616	338 ± 839	漫灌 (n=3) 渗灌 (n=1)
11 ~ 15 (n=3)	61 429 ± 2 475	2 500 ± 346	500 ± 866	0	漫灌 (n=2)
16 ~ 20 (n=5)	114 446 ± 38 903	360 ± 180	120 ± 98	360 ± 294	滴灌 (n=5)
21 ~ 25 (n=5)	49 983 ± 37 831	272 ± 232	168 ± 101	500 ± 268	滴灌 (n=5)

1.2 测定方法

土壤有机质、碱解氮、速效钾、有效磷均采用常规方法测定^[12]。pH 值用 1 mm 土样 (2.5 : 1 水土比) 酸度计测定。电导率用 1 mm 土样 (5 : 1 水土比) DDS-307A 电导率测定 (直接用土壤浸出液的电导率来表示土壤水溶性盐总量)。

采用 Excel 2010 软件对试验数据进行统计分析与作图。

2 结果与分析

2.1 土壤养分含量、次生盐渍化的变化与日光温室种植年限的关系

如表 3 可知, 采集土样 1 038 份, 按种植年限分为 5 个阶段: 1 ~ 5 年土样 204 份、6 ~ 10 年土样 589 份、11 ~ 15 年土样 110 份、16 ~ 20 年土样 99 份、21 ~ 25 年土样 36 份。

日光温室土壤有机质含量平均值为 22.56 g · kg⁻¹。在 1 038 个土样中, 有机质含量不足 20 g · kg⁻¹ 的土样占 39.78%。不同种植年限日光温室土壤中, 随着日光温室年限增高, 有机质含量先增加后减少。

有机质含量小于 20 g · kg⁻¹ 最多的年份为 11 ~ 15 年, 该年限阶段日光温室土壤平均有机质含量 29.79 g · kg⁻¹, 是 5 个年限最高值。分析原因可能与农户有机肥施用情况差异较大相关。

日光温室土壤碱解氮含量平均值为 178.04 mg · kg⁻¹。所有土样中, 碱解氮含量大于 300 mg · kg⁻¹ 的土样占 10.60%。不同种植年限温室之间碱解氮含量变化无明显规律, 16 ~ 20 年日光温室土壤碱解氮平均值最高为 203.40 mg · kg⁻¹, 碱解氮含量大于 300 mg · kg⁻¹ 占 12.12%。11 ~ 15 年期间温室间碱解氮含量差距很大, 标准差值大于平均值, 变异系数大于 1。这可能与采样时距离上次施肥时间短及种植户施肥习惯各异相关。

日光温室土壤有效磷含量平均值为 128.22 mg · kg⁻¹。所有土样中, 有效磷含量大于 150 mg · kg⁻¹ 占 30.06%。不同种植年限日光温室之间有效磷含量变化无明显规律。有效磷平均含量由高到低的年限为 16 ~ 20 年 (153.55 mg · kg⁻¹)、21 ~ 25 年 (135.71 mg · kg⁻¹)、6 ~ 10 年 (132.29 mg · kg⁻¹)、1 ~ 5 年 (107.83 mg · kg⁻¹)、11 ~ 15

年 ($105.39 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)。其中 16 ~ 20 年有效磷含量超过 $150 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 占 48.48%，接近一半。

日光温室土壤速效钾含量平均为 $1\ 212.87 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。在 1 038 个土样中，速效钾含量大于 $600 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的土样占 83.33%。不同种植年限日光温室

之间速效钾含量变化无明显规律。11 ~ 15 年的日光温室土壤速效钾平均含量最低，为 $774.79 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，仍大于 $600 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。造成土壤中钾含量过高的原因可能是采土时间为番茄结果期，结果后期钾肥过量使用，作物未能吸收，从而滞留在土壤中所致。

表 3 不同年限土壤养分含量的变化与日光温室种植年限的关系

年限	有机质		碱解氮		有效磷		速效钾	
	平均值 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	<20 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 占比 (%)	平均值 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	>300 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 占比 (%)	平均值 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	>150 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 占比 (%)	平均值 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	>600 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 占比 (%)
1 ~ 5 (n=204)	20.90 ± 7.31	49.02	174.34 ± 152.99	10.78	107.83 ± 88.25	21.57	1 155.55 ± 777.82	80.39
6 ~ 10 (n=589)	22.84 ± 7.12	37.18	180.07 ± 140.24	11.04	132.29 ± 100.76	31.24	1 273.74 ± 762.37	88.28
11 ~ 15 (n=110)	29.79 ± 7.21	49.09	153.91 ± 157.57	7.27	105.39 ± 121.79	21.82	774.79 ± 500.40	60.00
16 ~ 20 (n=99)	25.81 ± 8.73	27.27	203.40 ± 142.29	12.12	153.55 ± 64.31	48.48	1 092.71 ± 698.76	87.88
21 ~ 25 (n=36)	24.62 ± 7.25	36.11	154.52 ± 105.96	8.33	135.71 ± 54.02	33.33	1 073.82 ± 767.14	77.78
总体 (n=1 038)	22.56 ± 7.31	39.78	178.04 ± 143.04	10.60	128.22 ± 99.62	30.06	1 212.87 ± 758.29	83.33

注：表中数据为平均值 ± 标准差，下同。

由表 4 可知，1 038 个土样 pH 平均值为 8.28，pH 小于 8 的土样占 22.16%。不同种植年限日光温室中，标准差均小于 0.4，离散程度不高。11 ~ 15 年日光温室土壤平均 pH 值最大，为 8.40。pH<8 占比最多的年限为 1 ~ 5 年 (24.51%)、6 ~ 10 年 (22.75%)、16 ~ 20 年 (21.21%)。

日光温室土壤电导率平均为 $746.35 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ，

次生盐渍化程度明显 (表 4)。在 1 038 个土样中，EC 值大于 $500 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 的土样占 51.54%。不同种植年限温室之间电导率含量变化无明显规律，电导率超过 $500 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 占比由高到低的年限分别为 6 ~ 10 年 (54.50%)、1 ~ 5 年 (52.94%)、16 ~ 20 年 (45.45%)、11 ~ 15 年 (41.82%)、21 ~ 25 年 (41.67%)。

表 4 不同年限土壤酸碱度、电导率的变化与日光温室种植年限的关系

年限	pH		EC	
	平均值	<8 占比 (%)	平均值 ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	>500 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 占比 (%)
1 ~ 5 (n=204)	8.27 ± 0.39	24.51	679.32 ± 557.76	52.94
6 ~ 10 (n=589)	8.27 ± 0.37	22.75	755.28 ± 668.88	54.50
11 ~ 15 (n=110)	8.40 ± 0.39	18.18	567.54 ± 475.05	41.82
16 ~ 20 (n=99)	8.17 ± 0.37	21.21	603.84 ± 482.21	45.45
21 ~ 25 (n=36)	8.30 ± 0.27	13.89	525.29 ± 342.00	41.67
总体 (n=1 038)	8.28 ± 0.38	22.16	746.35 ± 635.36	51.54

2.2 同一年限各镇日光温室的土壤肥力状况及次生盐渍化分析

表 5 为 7 个镇 6 ~ 10 年阶段日光温室土壤肥力状况。有机质平均含量在 $20.67 \sim 29.23 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之

间，变幅不大，整体有机质含量水平不高；7 个镇日光温室土壤碱解氮平均含量均未超过土壤碱解氮的临界水平 ($300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[13]，三渠镇碱解氮含量最低，为 $44.98 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，是口镇的 0.18 倍、安吴镇

的 0.27 倍、中张镇的 0.19 倍、云阳镇的 0.32 倍、桥底镇的 0.34 倍、王桥镇的 0.27 倍。王桥镇碱解氮变异系数大于 80%。王桥镇、中张镇、安吴镇碱解氮变异系数偏高，分别为 86.48%、69.63%、66.08%；7 个镇日光温室土壤速效钾平均含量均远远大于 300 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，土壤富集钾，中张镇变异系数为 86.44%；口镇、中张镇和桥底镇的日光温室土壤有效磷平均含量分别为 160.7、202.79 和 237.86 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，含量偏高。桥底镇、王桥镇有效磷变异系数偏高，分别为 99.89%、82.77%。总体而言，同一年限范围各镇

日光温室土壤肥力差异较大，同一年限同一地区同一指标差异性大。

7 个镇中，除中张镇外，其余 6 镇 pH 平均值均大于 8。中张镇变幅为 7.33 ~ 8.69，变幅超过 1。中张镇的日光温室土壤电导率平均值最高，为 869.51 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ，最大值为 4 190 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。除三渠镇以外，其余 6 镇电导率平均值均大于 500 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ，土壤次生盐渍化趋势明显。王桥镇和中张镇的日光温室土壤电导率的变异系数超过 80%，分别为 93.39% 和 83.00%。

表 5 同一年限（6 ~ 10 年）日光温室各镇土壤肥力状况

项目		口镇	安吴镇	中张镇	云阳镇	桥底镇	三渠镇	王桥镇
有机质	变幅 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	23.77 ~ 37.12	5.36 ~ 54.37	6.74 ~ 57.29	7.18 ~ 37.79	10.57 ~ 40.05	17.46 ~ 22.88	13.48 ~ 40.43
	平均值 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	29.23	23.17	25.36	20.90	22.98	20.67	24.60
	变异系数 (%)	16.85	31.09	29.42	28.56	32.99	9.92	22.94
碱解氮	变幅 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	92.9 ~ 392.7	20.67 ~ 636.59	35.23 ~ 656.44	24.92 ~ 370.4	58.33 ~ 264.37	33.71 ~ 55.13	22.26 ~ 714.02
	平均值 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	247.36	165.23	235.41	139.64	131.86	44.98	166.14
	变异系数 (%)	41.17	66.08	69.63	55.70	54.39	17.96	86.48
速效钾	变幅 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	690 ~ 1 850	280 ~ 5 200	470 ~ 8 200	163.3 ~ 1 980	820 ~ 3 000	680 ~ 1 170	680 ~ 3 300
	平均值 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	1 413	1 339	1 417	1 045	1 467	987	1 446
	变异系数 (%)	27.43	50.14	86.44	38.79	30.18	19.70	63.18
有效磷	变幅 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	80.26 ~ 209.52	11.06 ~ 740.16	84.8 ~ 455.46	26.22 ~ 583.36	29.36 ~ 1 090.8	49.58 ~ 91.548	25.8 ~ 347.12
	平均值 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	160.7	118.80	202.79	142.00	237.86	75.23	107.69
	变异系数 (%)	24.56	71.08	47.56	67.01	99.89	21.12	82.77
pH	变幅	7.84 ~ 8.34	7.69 ~ 9.06	7.33 ~ 8.69	7.78 ~ 9.30	8.13 ~ 8.83	7.98 ~ 8.42	7.53 ~ 9.17
	平均值	8.02	8.37	7.96	8.45	8.42	8.20	8.47
	变异系数 (%)	2.22	3.24	3.72	3.56	2.35	2.27	4.76
EC	变幅 ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	281 ~ 1 506	110.2 ~ 3 890	201 ~ 4 190	156.8 ~ 2 080	293 ~ 1 192	146.4 ~ 327	136.3 ~ 3630
	平均值 ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	848.25	775.48	869.51	558.92	547.37	226.52	860.32
	变异系数 (%)	44.96	78.03	83.00	58.58	48.74	31.58	93.39

3 讨论

3.1 日光温室种植年限与日光温室土壤酸化、盐渍化的关系

EC 值和 pH 值分别是评价土壤次生盐渍化和土壤酸化的重要指标^[14]。

土壤 pH 值变化与土壤母质、肥料种类数量、灌溉水定额、栽培作物、种植年限及土壤微生物等因素有关^[15]。从测定结果来看，1 ~ 5、6 ~ 10、

11 ~ 16 年 3 个年限阶段土壤 pH 平均值由稳定到上升，随着年限增加小于 8 的土样减少。16 ~ 20 年土壤 pH 平均值下降为 8.17。赵满兴等^[16]研究延安不同种植年限日光温室测定种植 5 年的土壤 pH 值平均为 8.46，种植 20 年的土壤 pH 值平均为 7.54。万欣等^[17]研究 1 ~ 17 年山东海阳地区 pH 年变化率为每年降低 1.47%，17 年间 pH 值平均变化幅度在 6.35 ~ 4.76 之间。郭文龙等^[18]研究陕西关中不同种植年限（1、3、5、10 年）pH 值变化为

8.14 → 8.04 → 7.90 → 8.21 → 8.10, 10 年下降 0.4 个单位。杨凤军等^[19]研究大庆地区不同种植年限(2、3、5、7、10 年)随着年限增加土壤 pH 值下降, 10 年后的温室土壤较 10 年前温室土壤 pH 值下降 0.3 个单位。测定结果与前人结果基本一致, 但测定结果中 1 ~ 10 年 pH 平均值无变化, 这可能与西北土壤具有较高的酸化缓冲容量、当地农户施肥习惯等有关, 待进一步试验分析。

土壤 EC 值大于 $500 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 的土样占近 50%, 说明该地区日光温室土壤已经表现出一定程度的次生盐渍化特征, 这与已有研究结果一致^[20-21]。6 ~ 10 年 EC 平均值最高, 为 $755.28 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, 此年限阶段超过作物生长障碍临界点 ($\text{EC} > 500 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$), 在所有年限阶段占比最多达 54.50%。这与曹文超等^[22]研究 1 ~ 3、4 ~ 6、7 ~ 9、 ≥ 10 年年限, 电导率先上升后下降结果一致。造成土壤次生盐渍化的原因: 一方面是过度和不合理施肥, 有研究表明过度使用氮肥会使土壤酸度与盐度增加^[23], 张耀良等^[24]指出设施土壤养分过剩性积累是造成土壤次生盐渍化的主要因素, NO_3^- 、 H_2PO_4^- 、 K^+ 等的明显积累是设施土壤次生盐渍化的重要表现特征; 另一方面, 由于设施生产环境具有一定的封闭或半封闭性, 设施菜地很少有雨水淋洗, 温度、湿度以及栽培模式等都具有较大的特殊性, 因此该系统内某些因子的变化, 特别是土壤养分平衡被破坏, 导致设施土壤在连续种植数年之后就会出现影响设施农业正常生产的现象, 如土壤次生盐渍化等^[25]; 再加之, 温室一般种植经济效益较高的作物, 种植作物类型单一, 连作现象严重, 明显影响作物对养分的均衡吸收^[26]。

3.2 日光温室种植年限与日光温室土壤养分含量的关系

土壤有机质含量直接影响着土壤的保肥性、保水性、缓冲性、可耕性和通气性等, 故有机质含量是衡量土壤肥力高低的主要指标^[27]。所测定的日光温室内的土壤有机质含量随着种植年限的延长总体呈先增加后降低的趋势; 这与已有的研究结果一致^[20-21]。1 038 个土样中, 有机质低于 $20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的占比接近 40%, 仍有 84.87% 的温室土壤有机质含量低于理想菜田要求 $30 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ^[28] 的水平, 建议多施有机肥。测定日光温室土壤碱解氮各种种植年限变化趋势不明显, 总体偏低; 速效钾、有效磷含量偏高, 各种种植年限阶段速效钾变异系数均较大。这

与胡美美等^[13]研究山东省 3 个地区日光温室土壤碱解氮水平普遍偏低、速效钾水平普遍偏高结果一致。同一年限下, 各个镇土壤养分差异大的原因可能与日光温室种植植物种类、施肥方式、灌溉方式、复种次数和灌溉频率密切相关。

设施蔬菜生产中, 肥料使用过量已是不争的事实, 然而氮磷钾投入比例不科学往往被忽视^[29]。泾阳县日光温室种植作物以番茄为主, 其土壤氮磷钾质量比见表 6。与番茄生长所需求的适宜氮磷钾比例 (1 : 0.38 : 1.81)^[30] 相比而言, 所有测试日光温室的土壤中氮磷钾的比例, 在不同种植年限下都表现为磷、钾肥所占比例较高。尤其是在 6 ~ 10 年栽培阶段, 速效钾是碱解氮的 7.07 倍。陈碧华等^[29]研究认为, 不同种植年限大棚土壤中氮磷钾的比例都表现为磷素所占比例较高, 而钾素所占比例较低, 本试验结果与其不大一致。研究结果表明土壤中磷、钾含量过高, 且氮、磷、钾比例失调, 因此, 在后茬作物种植前需要施用配方肥进行调节。

表 6 不同种植年限日光温室土壤氮磷钾含量比

种植年限	N : P : K
1 ~ 5	1 : 0.62 : 6.63
6 ~ 10	1 : 0.73 : 7.07
11 ~ 15	1 : 0.68 : 5.03
16 ~ 20	1 : 0.75 : 5.37
21 ~ 25	1 : 0.88 : 6.95

4 结论

试验结果表明, 泾阳县的日光温室随着种植年限的增加, 土壤无明显酸化趋势; 土壤次生盐渍化无明显增加趋势, 但目前一半以上土壤已出现次生盐渍化现象。有机质含量较低, 建议多施用有机肥。土壤中驻留的磷、钾素含量偏高, 建议科学施肥, 避免磷、钾肥富积。

参考文献:

- [1] 付强. 蔬菜日光温室水肥一体化关键技术研究 [J]. 中国农业文摘-农业工程, 2017, 29 (1): 44.
- [2] 蒋卫杰, 邓杰, 余宏军. 设施园艺发展概况、存在问题与产业发展建议 [J]. 中国农业科学, 2015, 48 (17): 3515-3523.
- [3] 张震, 刘学瑜. 我国设施农业发展现状与对策 [J]. 农业经济问题, 2015, 36 (5): 64-70, 111.
- [4] 范庆锋, 虞娜, 张玉玲, 等. 设施蔬菜栽培对土壤阳离子交

- 换性能的影响[J]. 土壤学报, 2014, 51(5): 1132-1137.
- [5] 袁洪波, 王海华, 庞树杰, 等. 日光温室封闭式栽培系统的设计与试验[J]. 农业工程学报, 2013, 29(21): 159-165.
- [6] 王士超, 白新禄, 陈竹君, 等. 日光温室土壤养分平衡及其累积特性[J]. 环境科学研究, 2015, 28(7): 1091-1098.
- [7] 郭世荣, 孙锦, 束胜, 等. 我国设施园艺概况及发展趋势[J]. 中国蔬菜, 2012(18): 1-14.
- [8] 李廷轩, 张锡洲, 王昌全, 等. 保护地土壤次生盐渍化研究进展[J]. 西南农业学报, 2001(增刊): 103-105.
- [9] 高亮, 谭德星. 腐植酸生物菌肥对保护地次生盐渍化土壤改良效果研究[J]. 腐植酸, 2014(1): 14-18.
- [10] 李建国, 濮励杰, 朱明, 等. 土壤盐渍化研究现状及未来研究热点[J]. 地理学报, 2012, 67(9): 1233-1234.
- [11] 郭文忠, 刘声锋, 李丁仁, 等. 设施蔬菜土壤次生盐渍化发生机理的研究现状与展望[J]. 土壤, 2004, 36(1): 25-29.
- [12] 冯武焕, 吕爽, 王虎, 等. 种植年限对西安菜田土壤肥力、盐渍化及酸碱度的影响[J]. 农学学报, 2017, 7(3): 24-30.
- [13] 胡美美, 于世欣, 付乃鑫, 等. 日光温室番茄产量与土壤养分、植株养分的关系[J]. 土壤与作物, 2018, 7(1): 13-21.
- [14] 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.
- [15] 文方芳. 种植年限对设施大棚土壤次生盐渍化与酸化的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2016(4): 49-53.
- [16] 赵满兴, 刘慧, 白二磊, 等. 延安不同种植年限日光温室土壤肥力评价[J]. 农学学报, 2019, 9(4): 54-58.
- [17] 万欣, 董元华, 王辉, 等. 不同种植年限番茄大棚土壤理化性质的演变——以山东海阳地区为例[J]. 土壤, 2013, 45(3): 477-482.
- [18] 郭文龙, 党菊香, 吕家珑, 等. 不同年限蔬菜大棚土壤性质演变与施肥问题的研究[J]. 干旱地区农业研究, 2005(1): 85-89.
- [19] 杨凤军, 安子靖, 杨薇薇. 番茄连作对日光温室土壤微生物及土壤理化性状的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2016(1): 42-46.
- [20] 马艳春, 姚玉新, 杜远鹏, 等. 葡萄设施栽培不同种植年限土壤理化性质的变化[J]. 果树学报, 2015, 32(2): 225-231.
- [21] 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.
- [22] 曹文超, 张运龙, 严正娟, 等. 种植年限对设施菜田土壤 pH 及养分积累的影响[J]. 中国蔬菜, 2012(18): 134-141.
- [23] Han J, Shi J, Zeng L, et al. Effects of nitrogen fertilization on the acidity and salinity of greenhouse soils [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2015, 22(4): 2976-2986.
- [24] 张耀良, 宋科, 金海洋, 等. 浦东新区设施土壤次生盐渍化机理探讨[J]. 上海农业学报, 2009, 25(3): 123-126.
- [25] 曾希柏, 白玲玉, 苏世鸣, 等. 山东寿光不同种植年限设施土壤的酸化与盐渍化[J]. 生态学报, 2010, 30(7): 1853-1859.
- [26] 郭红伟, 郭世荣, 刘来, 等. 辣椒连作对土壤理化性状、植株生理抗性 & 离子吸收的影响[J]. 土壤, 2012, 44(6): 1041-1047.
- [27] 周建斌, 翟丙年, 陈竹君, 等. 西安市郊区日光温室大棚番茄施肥现状及土壤养分累积特性[J]. 土壤通报, 2006, 37(2): 287-290.
- [28] 陈伦寿, 陆景陵. 蔬菜营养与施肥技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [29] 陈碧华, 孙丽, 李新峥, 等. 新乡市大棚菜田土壤养分及盐分的演变[J]. 农业工程学报, 2013, 29(15): 83-90.
- [30] 王敬国. 设施菜田土壤退化修复与资源高效利用[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2011. 4.

Relationship between soil nutrient change, secondary salinization degree and planting years in solar greenhouse

YANG Yuan-yuan¹, JIA Sheng-qing¹, HE Xiao-yan¹, LIU Nan¹, ZHANG Wan², REN Miao², ZHANG Ming-ke^{1*}
(1. Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling Shaanxi 712100; 2. Jingyang Vegetable Technique Popularization Station, Jingyang Shaanxi 713700)

Abstract: Taking 1 038 soil samples of solar greenhouse in 7 towns of Jingyang county as materials, the contents of soil nutrient, pH and EC value were measured, and the relationship between the changes of soil physical, chemical properties and soil planting years in the solar greenhouse was studied to clarify the soil fertility of greenhouse and the problems of production, and provide a theoretical basis for scientific fertilization. The results showed that, along with the soil planting years in the greenhouse, the contents of soil organic matter increased first and then decreased; the average content of alkali nitrogen and available phosphorus reached the maximum during the period of 16 ~ 20 years; the average value of available potassium in each period was more than 600 mg · kg⁻¹. The mean value of soil EC was more than 500 μS · cm⁻¹, indicating a trend of soil secondary salinization; all the soil pH values were greater than 7.0, which meant they belong to alkaline soil. In summary, different degrees of soil secondary salinization had occurred in solar greenhouses in this region, but the relationship between soil secondary salinization and soil planting years of greenhouse was not obvious.

Key words: greenhouse; soil; nutrient change; planting years; secondary salinization