

张焕菊,王贵嵩,高进华,等. 山东省设施蔬菜土壤酸碱性、有机质及中微量元素含量调查与评价[J]. 江苏农业科学,2022,50(4):211-215.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.04.035

山东省设施蔬菜土壤酸碱性、有机质及中微量元素含量调查与评价

张焕菊¹, 王贵嵩¹, 高进华¹, 张广忠¹, 陈永法¹, 解学仕¹, 胡秀涛², 史庆才², 杨恒哲¹, 时小可¹

[1. 史丹利农业集团股份有限公司, 山东临沭 276700; 2. 蚯蚓测土实验室(山东)有限公司, 山东临沭 276700]

摘要:对山东省 16 个地级市的设施蔬菜地块进行土壤取样,分析并评价土壤酸碱性、有机质及中微量元素含量的状况。结果表明,在土壤酸碱性方面,山东省烟台、威海地区设施蔬菜土壤普遍偏酸,聊城、菏泽、东营、德州地区设施蔬菜土壤普遍偏碱,济宁地区设施蔬菜的土壤酸碱性多半不适宜且没有统一趋势;在土壤有机质含量方面,除枣庄、淄博和日照外,其他地区的设施蔬菜土壤有机质整体上都比较缺乏;在土壤中量和微量元素含量方面,菏泽地区的设施蔬菜土壤有效锰含量普遍较低,泰安部分地区的设施蔬菜地块土壤有效铜含量偏高,要警惕土壤污染风险,其他地区的设施蔬菜土壤中量和微量元素普遍处在中等及丰富水平。建议山东省各地市根据各地的设施蔬菜土壤特点有针对性地改良土壤酸碱性,增施有机肥,增加或控制中微量元素的施用量,促进山东省设施蔬菜的生产绿色、高效、可持续发展。

关键词:山东省;设施蔬菜;酸碱性;有机质;中微量元素;调查

中图分类号: S158.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)04-0211-05

近年来,设施蔬菜在农业发展中占据着越来越重要的地位,对于蔬菜的周年供应和农民增收具有重要贡献^[1]。山东省地处黄淮海及环渤海暖温区^[2],是我国第一蔬菜出口大省和我国最大的设施蔬菜生产基地,种植面积约占全国设施蔬菜总面积的 1/4。在目前的蔬菜种植过程中,土壤是非常重要的生产因素之一,了解土壤的肥力状况是设施蔬菜产业健康可持续发展的前提。而在以往研究或种植户的生产过程中,对土壤中的氮、磷、钾这些大量元素往往给予了高度关注,却对土壤中量、微量元素及土壤酸碱性、有机质含量未引起充分重视^[3-4]。而土壤中量和微量元素的缺失或过量是影响蔬菜产量和品质的重要因素^[5-6],土壤酸碱性和有机质含量对作物的正常生长和养分的吸收利用有重要的影响^[7-8]。因此,本研究对山东省 16 个地市的设施蔬菜地块进行了科学布点和取样,分析各地市设施蔬菜土壤的中量和微量元素含量及酸碱

性、有机质含量,并进行科学性评价,旨在为山东地区设施蔬菜的优质、高效、安全生产提供依据。

1 材料与方法

1.1 土样采集

2019 年的 7—8 月,对山东省 16 个地市共计 768 个设施蔬菜地块进行土壤取样。采用“W”形取样方式,每个设施蔬菜地块 10 个取样点,最后将取完的土壤混合均匀,通过四分法留取 1 kg 土壤混合样品装入牛皮纸袋,作为分析样品。

1.2 测定方法

将土壤样品进行风干、研磨,过 2 mm 筛,备用。

土壤交换性钙镁含量采用乙酸铵浸提-电感耦合等离子体发射光谱法测定;土壤有效铁、锰、铜、锌含量采用二乙基三胺五乙酸(DTPA)浸提-电感耦合等离子体发射光谱法测定;土壤酸碱性采用水浸提(土水比为 1 g : 2.5 mL)电位法测定;土壤有机质含量采用灼烧法测定。

1.3 数据处理及设施蔬菜地块养分评价标准

数据采用 Excel 2016 软件进行分析统计。对设施蔬菜地块土壤检测指标的平均值、变异系数及分布频率进行统计,分析山东省各地市土壤酸碱性、有机质含量及中微量元素有效态含量的丰缺程度。

设施蔬菜土壤 pH 值适宜范围是 6.0 ~ 8.0,有

收稿日期:2021-05-06

基金项目:2019 年度重大科技创新工程(编号:2019JZZY010701);山东省企业技术创新项目(第一批)(编号:201910315010)。

作者简介:张焕菊(1990—),女,山东泰安人,硕士,农艺师,主要从事植物营养与土壤肥料研究。E-mail:zhzhjdbd@126.com。

通信作者:高进华,硕士,高级工程师,主要从事肥料生产及开发研究。E-mail:ghsdlzc@163.com。

机质含量 ≥ 15 g/kg^[9]。土壤中量和微量元素含量的中等含量范围:交换性钙含量 756 ~ 846 mg/kg, 交换性镁含量 173 ~ 240 mg/kg,有效铁含量 4.5 ~ 10.0 mg/kg,有效锰含量 5.0 ~ 15.0 mg/kg,有效铜含量 0.20 ~ 1.00 mg/kg,有效锌含量 0.50 ~ 1.00 mg/kg^[10-11]。

2 结果与分析

2.1 土壤酸碱性

由表 1 可知,山东省各地市设施蔬菜土壤的酸碱性差异较大。从均值来看,聊城、德州和菏泽的设施蔬菜土壤 pH 值均值均在 8 以上,烟台和威海的设施蔬菜土壤 pH 值均在 6 以下,其他地市的设施蔬菜土壤 pH 值则在 6 ~ 8 范围内。从各地市设施蔬菜土壤酸碱性的空间分布差异来看,济宁地区设施蔬菜土壤 pH 值变异性最大,pH 值从 4.7 到 9.1,变异系数为 19%;从分布频率来看,有 50% 以上的设施蔬菜土壤酸碱性适宜蔬菜生长的地市有枣庄、淄博、潍坊、日照、泰安、青岛、临沂、济南和滨州,而聊城、菏泽、东营、德州的设施蔬菜土壤则多数偏碱,占比分别是 59.1%、80.3%、54.2% 和 66.7%,烟台和威海的设施蔬菜则多数偏酸,占比分别是 71.4% 和 72.4%。

表 1 山东省各地市设施蔬菜土壤酸碱性状况

区域(地块数量,个)	pH 值		变异系数 (%)	分布百分比(%)		
	均值	变化幅度		偏酸	适宜	偏碱
枣庄(38)	6.3	4.6 ~ 7.6	10	28.6	71.4	0
淄博(33)	7.5	6.3 ~ 8.3	10	0	78.3	21.7
烟台(21)	5.7	4.6 ~ 7.4	15	71.4	28.6	0
潍坊(141)	6.7	4.2 ~ 8.4	15	27.0	67.4	5.7
威海(29)	5.7	4.7 ~ 7.0	11	72.4	27.6	0
日照(43)	6.2	4.6 ~ 8.0	14	41.9	58.1	0
泰安(35)	6.4	4.6 ~ 7.8	11	32.0	68.0	0
青岛(48)	7.0	5.3 ~ 8.5	12	5.6	77.8	16.7
临沂(54)	6.6	4.6 ~ 8.2	13	25.4	70.2	4.4
聊城(66)	8.1	7.0 ~ 9.3	6	0	40.9	59.1
济宁(47)	7.0	4.7 ~ 9.1	19	29.8	42.6	27.7
济南(39)	7.9	6.9 ~ 8.8	6	0	61.5	38.5
菏泽(66)	8.3	7.1 ~ 9.0	4	0	19.7	80.3
东营(24)	8.0	6.9 ~ 8.5	5	0	45.8	54.2
德州(48)	8.2	7.2 ~ 8.6	5	0	33.3	66.7
滨州(36)	8.0	7.2 ~ 8.6	5	0	54.5	45.5

2.2 土壤有机质含量

如表 2 所示,有机质含量均值低于 15 g/kg 的

地市占比 56%;各地市有机质含量在空间分布上均有较大差异,其中济宁和菏泽的变异系数分别为 105% 和 98%,土壤有机质含量变幅分别为 0.95 ~ 66.10 g/kg 和 1.18 ~ 65.30 g/kg,分布非常不均匀;从分布频率来看,日照、枣庄、淄博的设施蔬菜土壤有机质含量适宜的占比地块排名前三,分别为 76.7%、67.9% 和 66.7%;而烟台、菏泽和济宁的设施蔬菜地块有机质含量偏低的地块占比分别是 90.5%、88.9% 和 78.6%,土壤有机质缺乏非常严重。

表 2 山东省各地市设施蔬菜土壤有机质含量状况

区域(地块数量,个)	有机质含量(g/kg)		变异系数 (%)	分布百分比(%)	
	均值	变化幅度		偏低	适宜
枣庄(38)	23.3	8.42 ~ 55.00	55	32.1	67.9
淄博(33)	18.8	1.63 ~ 44.40	52	33.3	66.7
烟台(21)	9.4	2.88 ~ 18.10	42	90.5	9.5
潍坊(141)	11.3	1.01 ~ 62.00	68	76.3	23.7
威海(29)	14.2	4.78 ~ 42.70	61	72.4	27.6
日照(43)	19.8	1.43 ~ 44.00	42	23.3	76.7
泰安(35)	14.4	2.49 ~ 35.60	55	64.0	36.0
青岛(48)	13.2	5.74 ~ 21.30	43	61.1	38.9
临沂(54)	16.8	1.50 ~ 44.90	52	40.4	59.6
聊城(66)	14.1	1.13 ~ 32.40	55	58.7	41.3
济宁(47)	14.8	0.95 ~ 66.10	105	78.6	21.4
济南(39)	18.4	4.43 ~ 43.30	49	41.0	59.0
菏泽(66)	9.8	1.18 ~ 65.30	98	88.9	11.1
东营(24)	13.8	3.95 ~ 22.00	36	58.3	41.7
德州(48)	20.5	3.27 ~ 64.10	70	43.8	56.3
滨州(36)	24.2	2.19 ~ 60.30	73	43.8	56.3

2.3 土壤交换性钙含量

如表 3 所示,整体来看各地市的设施蔬菜土壤交换性钙含量均较丰富,仅潍坊、威海和临沂地区出现少量土壤交换性钙缺乏现象,占比分别是 19.9%、10.0% 和 3.0%。

2.4 土壤交换性镁含量

如表 4 所示,从均值上来看,各地市设施蔬菜土壤的交换性镁含量均较丰富,其中,枣庄、青岛、聊城、济南、东营、德州和滨州所有设施蔬菜地块的土壤交换性镁含量均处于丰富水平,潍坊有 21.9% 的设施蔬菜地块出现土壤交换性镁含量缺乏现象,其他地区设施蔬菜地块出现土壤交换性镁含量缺乏的占比均在 10% 以内。

2.5 土壤有效铁含量

如表 5 所示,各地市设施蔬菜土壤的有效铁含量平均值均为丰富水平;各地市设施蔬菜地块的土

表 3 山东省各地市设施蔬菜土壤交换性钙含量状况						
区域(地块数量,个)	交换性钙含量(mg/kg)		变异系数(%)	分布百分比(%)		
	均值	变化幅度		缺乏	中等	丰富
枣庄(38)	3 867	1 668 ~ 8 261	33	0	0	100
淄博(33)	3 903	2 328 ~ 7 058	35	0	0	100
烟台(21)	2 314	1 084 ~ 3 561	30	0	0	100
潍坊(141)	2 685	145 ~ 7 265	62	19.9	1.4	78.7
威海(29)	1 754	679 ~ 3 593	44	10.0	0	90.0
日照(43)	2 270	904 ~ 4 184	47	0	0	100
泰安(35)	3 142	1 451 ~ 8 413	48	0	0	100
青岛(48)	3 759	2 042 ~ 6 947	36	0	0	100
临沂(54)	2 930	563 ~ 7 368	48	3.0	0	97.0
聊城(66)	4 120	1 883 ~ 6 657	25	0	0	100
济宁(47)	3 008	1 436 ~ 7 360	44	0	0	100
济南(39)	4 248	2 553 ~ 6 290	21	0	0	100
菏泽(66)	4 391	2 335 ~ 6 514	20	0	0	100
东营(24)	4 521	3 008 ~ 5 792	19	0	0	100
德州(48)	4 543	3 239 ~ 7 786	16	0	0	100
滨州(36)	4 457	2 501 ~ 6 575	22	0	0	100

表 4 山东省各地市设施蔬菜土壤交换性镁含量状况						
区域(地块数量,个)	交换性镁含量(mg/kg)		变异系数(%)	分布百分比(%)		
	均值	变化幅度		缺乏	中等	丰富
枣庄(38)	629	276 ~ 1 499	56	0	0	100
淄博(33)	829	165 ~ 1 851	72	4.3	8.7	87.0
烟台(21)	534	201 ~ 1 169	46	0	4.8	95.2
潍坊(141)	509	28 ~ 1 734	72	21.9	1.4	76.7
威海(29)	418	109 ~ 885	44	6.9	10.3	82.8
日照(43)	473	158 ~ 994	42	2.3	11.6	86.1
泰安(35)	492	171 ~ 1 778	68	4.0	8.0	88.0
青岛(48)	735	416 ~ 1 439	34	0	0	100
临沂(54)	489	116 ~ 1 120	48	2.7	8.2	89.1
聊城(66)	817	240 ~ 1 687	43	0	0	100
济宁(47)	431	167 ~ 1 107	52	2.1	14.9	83.0
济南(39)	715	286 ~ 1 522	46	0	0	100
菏泽(66)	680	231 ~ 1 585	41	0	1.5	98.5
东营(24)	689	350 ~ 1 236	32	0	0	100
德州(48)	959	508 ~ 2 123	38	0	0	100
滨州(36)	1077	286 ~ 2 225	46	0	0	100

壤有效铁养分含量空间分布非常不均匀,变异系数超过 50% 的地市占比 75%,其中淄博市的变异系数达到 100%;枣庄、烟台、威海、日照、泰安、青岛这 6 个地市所有设施蔬菜地块的土壤有效铁含量均为丰富水平,没有地市出现土壤有效铁缺乏的情况。

2.6 土壤有效锰含量

如表 6 所示,山东省各地市设施蔬菜地块的土

表 5 山东省各地市设施蔬菜土壤有效铁含量状况						
区域(地块数量,个)	有效铁含量(mg/kg)		变异系数(%)	分布百分比(%)		
	均值	变化幅度		缺乏	中等	丰富
枣庄(38)	71.1	18.8 ~ 185.6	53	0	0	100
淄博(33)	43.2	9.8 ~ 205.0	100	0	4.3	95.7
烟台(21)	72.7	23.3 ~ 135.5	41	0	0	100
潍坊(141)	50.6	8.9 ~ 217.4	82	0	2.1	97.9
威海(29)	66.0	10.6 ~ 176.0	53	0	0	100
日照(43)	99.0	14.7 ~ 223.1	59	0	0	100
泰安(35)	55.6	16.6 ~ 141.1	48	0	0	100
青岛(48)	40.1	10.8 ~ 80.6	59	0	0	100
临沂(54)	59.6	8.5 ~ 247.4	69	0	0.9	99.1
聊城(66)	19.2	6.8 ~ 57.6	51	0	13.6	86.4
济宁(47)	41.4	9.8 ~ 110.0	67	0	2.1	97.9
济南(39)	24.0	8.0 ~ 94.2	71	0	2.6	97.4
菏泽(66)	18.3	7.1 ~ 72.9	58	0	13.6	86.4
东营(24)	26.1	8.9 ~ 79.8	64	0	8.3	91.7
德州(48)	21.7	7.5 ~ 44.6	42	0	10.4	89.6
滨州(36)	23.2	9.0 ~ 54.7	48	0	6.1	93.9

表 6 山东省各地市设施蔬菜土壤有效锰含量状况						
区域(地块数量,个)	有效锰含量(mg/kg)		变异系数(%)	分布百分比(%)		
	均值	变化幅度		缺乏	中等	丰富
枣庄(38)	38.1	4.9 ~ 204.1	142	3.6	35.7	60.7
淄博(33)	14.2	5.5 ~ 32.3	54	0	73.9	26.1
烟台(21)	16.9	5.7 ~ 37.0	57	0	47.6	52.4
潍坊(141)	19.5	1.3 ~ 136.3	106	17.0	39.7	43.3
威海(29)	32.5	8.0 ~ 95.2	80	0	27.6	72.4
日照(43)	19.4	6.2 ~ 83.5	79	0	51.2	48.8
泰安(35)	18.3	5.1 ~ 65.0	72	0	44.0	56.0
青岛(48)	12.8	2.2 ~ 63.2	114	33.3	44.4	22.2
临沂(54)	21.8	3.0 ~ 134.3	107	11.4	37.7	50.9
聊城(66)	6.5	1.9 ~ 47.7	93	43.9	50.0	6.1
济宁(47)	17.0	3.3 ~ 62.1	87	25.5	31.9	42.6
济南(39)	7.3	2.4 ~ 29.9	85	38.5	53.8	7.7
菏泽(66)	4.7	1.8 ~ 11.2	44	68.2	31.8	0
东营(24)	9.3	3.0 ~ 60.7	122	29.2	62.5	8.3
德州(48)	5.7	2.4 ~ 10.6	31	39.6	60.4	0
滨州(36)	6.3	2.0 ~ 19.3	61	48.5	48.5	3.0

壤有效锰含量差异较大。从均值来看,菏泽市设施蔬菜土壤的有效锰含量均值最低,为 4.7 mg/kg;而枣庄市设施蔬菜土壤的有效锰含量均值最高,为 38.1 mg/kg,差距非常大;各地市内的设施蔬菜地块之间土壤有效锰含量空间分布非常不均匀,变异系数最小的德州也达到了 31%,变异系数超过 100% 的地市有 5 个,分别是枣庄、潍坊、青岛、临沂和东

营。从各地市设施蔬菜土壤有效锰含量丰缺分布频率来看,菏泽市设施蔬菜的土壤有效锰最为缺乏,有 68.2% 的地块处于缺乏水平且没有任何地块处于丰富水平;而淄博、烟台、威海、日照和泰安这 5 个地市的设施蔬菜土壤均处于中等及丰富水平,没有缺锰土壤。

2.7 土壤有效铜含量

如表 7 所示,各地市设施蔬菜土壤的有效铜含量平均值均为丰富水平。各地市设施蔬菜地块的土壤有效铜养分含量空间分布非常不均匀,变异系数均大于 50%,其中泰安市设施蔬菜地块土壤有效铜含量的变异系数最高,高达 238%,其部分含量较高的土壤可能存在铜含量超标的风险^[12]。从各地市设施蔬菜土壤有效铜含量丰缺分布频率来看,仅潍坊市的设施蔬菜地块出现了土壤有效铜缺乏现象,其他地市的设施蔬菜土壤有效铜含量水平均在中等及丰富水平,其中威海市设施蔬菜土壤有效铜含量均处于丰富水平。

表 7 山东省各地市设施蔬菜土壤有效铜含量状况

区域(地块数量,个)	有效铜含量(mg/kg)		变异系数(%)	分布百分比(%)		
	均值	变化幅度		缺乏	中等	丰富
枣庄(38)	6.15	0.99~28.44	104	0	3.6	96.4
淄博(33)	3.30	0.81~13.95	88	0	4.3	95.7
烟台(21)	3.84	0.54~7.12	55	0	4.8	95.2
潍坊(141)	2.59	0.12~16.00	80	3.3	21.3	78.0
威海(29)	7.94	1.03~46.95	128	0	0	100
日照(43)	11.74	0.72~45.62	103	0	14.0	86.0
泰安(35)	6.99	0.72~85.76	238	0	8.0	92.0
青岛(48)	1.68	0.42~3.97	56	0	27.8	72.2
临沂(54)	4.23	0.48~16.87	82	0	7.9	92.1
聊城(66)	3.28	0.67~18.53	97	0	10.6	89.4
济宁(47)	3.30	0.62~22.72	148	0	6.4	93.6
济南(39)	2.30	0.69~6.47	67	0	17.9	82.1
菏泽(66)	1.77	0.59~5.17	58	0	21.2	78.8
东营(24)	2.35	0.80~7.91	69	0	12.5	87.5
德州(48)	2.88	0.85~11.50	78	0	6.3	93.8
滨州(36)	2.82	0.72~9.79	63	0	6.1	93.9

2.8 土壤有效锌含量

如表 8 所示,各地市设施蔬菜土壤的有效锌含量平均值均为丰富水平。各地市设施蔬菜地块的土壤有效锌养分含量空间分布非常不均匀,变异系数均大于 70%,其中泰安市设施蔬菜地块土壤有效锌含量的变异系数高达 200%。从各地市设施蔬菜土壤有效锌丰缺分布频率来看,有 50% 的地市设施

蔬菜土壤有效锌含量无缺乏水平,均处于中等及丰富水平;其中,烟台、威海和东营设施蔬菜土壤中的有效锌含量均处于丰富水平。

表 8 山东省各地市设施蔬菜土壤有效锌含量状况

区域(地块数量,个)	有效锌含量(mg/kg)		变异系数(%)	分布百分比(%)		
	均值	变化幅度		缺乏	中等	丰富
枣庄(38)	17.72	0.74~64.88	104	0	3.6	96.4
淄博(33)	9.02	0.42~37.59	127	8.7	13.0	78.3
烟台(21)	7.04	1.24~25.15	87	0	0	100
潍坊(141)	8.82	0.60~53.53	79	0	5.7	94.3
威海(29)	24.92	1.32~93.29	98	0	0	100
日照(43)	26.30	0.70~79.36	87	0	4.7	95.3
泰安(35)	16.41	0.41~169.42	200	4.0	0	96.0
青岛(48)	5.81	0.49~24.59	109	5.6	5.6	88.9
临沂(54)	12.09	0.44~56.25	90	0.9	4.4	94.7
聊城(66)	12.88	0.26~41.30	73	1.5	0	98.5
济宁(47)	6.30	0.31~51.78	191	4.3	31.9	63.8
济南(39)	7.39	0.64~25.61	100	0	5.1	94.9
菏泽(66)	4.64	0.32~30.13	118	3.0	12.1	84.8
东营(24)	7.79	1.15~24.22	73	0	0	100
德州(48)	9.79	0.76~49.87	111	0	2.1	97.9
滨州(36)	13.77	0.43~34.49	76	3.0	6.1	90.9

3 讨论与结论

整体来看,山东省各地市设施蔬菜土壤的中量和微量元素含量空间分布非常不均匀,但整体较丰富,土壤有机质含量普遍较缺乏,部分地区土壤酸碱性不太适宜。具体来分析,枣庄、淄博和日照地区的大部分设施蔬菜土壤在 pH 值、有机质含量和中微量元素含量上均适宜蔬菜的生长。烟台和威海地区的设施蔬菜土壤大部分则面临土壤偏酸、有机质缺乏的问题;聊城、菏泽、东营和德州地区的设施蔬菜土壤一半左右面临土壤偏碱、有机质缺乏的问题,而菏泽 80% 左右的设施蔬菜地块面临土壤偏碱、有机质缺乏的问题,且土壤缺锰现象比较普遍;潍坊、泰安、青岛地区的大部分设施蔬菜土壤主要面临的是有机质缺乏问题,其中泰安可能存在土壤铜含量超标的风险;临沂、济南和滨州地区的设施蔬菜有 40% 左右的地块出现有机质缺乏问题;济宁地区设施蔬菜地块的土壤酸碱性没有呈现统一的趋势,但是多半都不适宜,且 78.6% 的地块土壤有机质缺乏。

以上地区在土壤酸碱性和有机质含量方面的整体表现与全国农技推广中心汇总的测土配方数

据^[13]基本一致。对于全省大部分地区有机质含量偏低的情况应该引起重视,土壤有机质含量的高低对于作物的正常生长和产量品质有重要影响^[14-16],有机质缺乏地区可以通过增施有机肥等措施来提高土壤有机质含量。土壤过酸或过碱对于作物根系的生长有显著不良影响且与土壤中各种养分的有效性有很强的相关性^[17-19],因此土壤酸碱性不适宜的设施蔬菜地块需要使用石灰或者硫磺等物质对土壤进行改良。杨力等在 1994 年曾对山东省的土壤交换性钙、交换性镁含量及分布进行了研究,其得出的各地市的土壤交换性钙、交换性镁含量丰缺状况与本研究稍有出入,可能与土地利用类型及耕作活动等有关^[20-21]。虽然目前山东省各地市设施蔬菜地块的土壤交换性钙、交换性镁含量均较丰富但仍须注意作物生长过程中会出现缺钙、缺镁的情况,因为植物对于钙镁的吸收会受到蒸腾作用、离子拮抗作用及根系生长情况的影响^[22-24]。山东省设施蔬菜地块的土壤微量元素含量缺乏地区占比不大,需要额外注意的是菏泽地区的缺锰现象和泰安地区可能存在的铜含量超标问题。

综上所述,山东省各地市在设施蔬菜生产方面尤其要对土壤酸碱性和有机质含量引起重视,根据种植作物的适宜生长条件和当地实际土壤情况进行改良。在施肥方面,建议各地市在参考本文研究的基础上合理增加或控制中量、微量元素肥的施用量,促进山东省设施蔬菜的生产绿色、高效、可持续发展。

参考文献:

- [1]李天来,许 勇,张金霞. 我国设施蔬菜、西甜瓜和食用菌产业发展的现状及趋势[J]. 中国蔬菜,2019(11):6-9.
- [2]王牧野,李建平,李俊杰. 中国设施蔬菜历史演变、规模分布与区域布局[J]. 中国瓜菜,2020,33(7):86-89.
- [3]江丽华,李 妮,徐 钰,等. 山东省设施蔬菜施肥现状调查研究[J]. 山东农业科学,2020,52(2):90-96.
- [4]Ju X T, Kou C L, Christie P, et al. Changes in the soil environment from excessive application of fertilizers and manures to two contrasting intensive cropping systems on the North China Plain [J]. Environmental Pollution, 2007, 145(2):497-506.
- [5]王军芳. 设施蔬菜土壤环境恶化原因及防治对策[J]. 农业开发与装备, 2019(8):170-171.
- [6]张 健. 影响保护地蔬菜缺钙因素及对策[J]. 蔬菜, 2021(1):67-68.
- [7]唐 琨,朱伟文,周文新,等. 土壤 pH 对植物生长发育影响的研究进展[J]. 作物研究, 2013, 27(2):207-212.
- [8]郭晓利. 谈谈土壤有机质的成分和在土壤肥力上的作用[J]. 内蒙古草业, 2013, 25(3):19-20.
- [9]山东省质量技术监督局. 设施蔬菜土壤质量标准: DB37/T 2050—2012[S]. 济南:山东省质量技术监督局, 2012.
- [10]张白鸽,陈琼贤,曹 健,等. 珠三角主菜区土壤交换性钙、镁的丰缺指标及分布特征[J]. 华南农业大学学报, 2011, 32(2):25-29.
- [11]李建军,辛景树,张会民,等. 长江中下游粮食主产区 25 年来稻田土壤养分演变特征[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(1):92-103.
- [12]生态环境部. 土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行): GB 15618—2018[S]. 北京:中国标准出版社, 2018.
- [13]全国农技推广中心. 测土配方施肥土壤基础养分数据集(2005—2014)[M]. 北京:中国农业出版社, 2015:6, 430.
- [14]刘 丽. 土壤有机质含量与作物产量的相关性[J]. 水土保持应用技术, 2021(1):21-22.
- [15]蒋 华,王定军,王忠义. 土壤有机质含量与茄果类蔬菜产量、质量的相关性[J]. 中华园艺文摘, 2013, 29(2):23-24.
- [16]郭德杰,刘新红,徐丽萍,等. 连续多季施用猪粪有机肥对设施大棚中土壤及作物中 Cu、Zn 含量的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(18):283-286.
- [17]邱海燕. 园地主要经济作物氮磷钾与 pH 相关性研究[J]. 中国农业文摘-农业工程, 2019, 31(1):51-55.
- [18]陈俊石. 土壤 pH 值对农作物前期营养生长的影响分析[J]. 现代农业, 2020(8):42-44.
- [19]马存金. 硅钙钾镁肥不同用量对酸性土壤 pH 值及烟草根系发育的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(19):83-86.
- [20]杨 力,刘光栋,宋国茜,等. 山东省土壤交换性钙含量及分布[J]. 山东农业科学, 1998(4):17-21.
- [21]杨 力,刘光栋,宋国茜,等. 山东省土壤交换性镁含量及分布[J]. 山东农业科学, 1998(3):8-12.
- [22]周 卫,汪 洪. 植物钙吸收、转运及代谢的生理和分子机制[J]. 植物学通报, 2007, 24(6):762-778.
- [23]薛欣欣,吴小平,王文斌,等. 植物-土壤系统中钾镁营养及其交互作用研究进展[J]. 土壤, 2019, 51(1):1-10.
- [24]李惠霞. 石灰性土壤日光温室栽培番茄缺镁原因研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2018:76-79.