

段宏凯,高利娟,刘东生,等. 长期连作下不同栽培措施对设施蔬菜土壤理化性状的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(13):276-280.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.13.064

长期连作下不同栽培措施对设施蔬菜土壤理化性状的影响

段宏凯^{1,2}, 高利娟¹, 刘东生¹, 邹国元¹, 左 强¹, 宋大平¹

(1. 北京市农林科学院植物营养与资源研究所, 北京 100097; 2. 山西农业大学农学院, 山西太谷 030801)

摘要:在山东寿光地区设施蔬菜大棚的夏季拉秧期分别测取茄子、丝瓜、番茄、黄瓜和辣椒 5 种设施蔬菜 3 个土层土壤的全氮、铵态氮、硝态氮、速效磷、速效钾、有机质含量与 pH 值、EC 值。结果发现,寿光地区不同农户对不同设施蔬菜采用不同栽培措施,使得土壤中全氮、铵态氮、硝态氮、速效磷、速效钾主要累积在上层土壤中,使得土壤有酸化趋势,但对土壤 EC 值影响不显著。设施黄瓜的铵态氮与硝态氮相关化肥投入量较其他设施蔬菜多,但设施番茄的不同栽培措施中施入速效钾肥量与有机质投入量较其他设施蔬菜少。寿光地区设施蔬菜中的有机质投入应该加大厩肥的投入比例,来增加土壤有机碳的含量,以达到碳氮比例的平衡,为寿光地区设施蔬菜减施化肥对环境效益的评价体系构建提供科学依据。

关键词:连作;栽培措施;设施蔬菜;土壤;理化性状;碳氮平衡;环境效益;评价体系

中图分类号: S344.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)13-0276-05

山东寿光被称为“中国蔬菜之乡”,其设施蔬菜种植已有很长时间,许多地区形成了“一村一品”的发展格局^[1]。“一村一品”的长期连作栽培模式是造成设施蔬菜连作障碍的主要原因,也是设施栽培中的一个关键问题^[2]。设施大棚中连年种植 1 种蔬菜,对土壤中氮、磷、钾以及其他中微量元素的利用与转化有较大的影响。而且由于单一作物的栽培措施不会有较大幅度的变动,长期的相近施肥措施会使肥料中的元素在土壤中富集起来,导致土壤含盐量增加,特别是硝酸盐含量增加^[3]。农户不合理的施肥技术不仅降低肥料利用率,也严重影响土壤中营养元素的平衡。如氮素化肥的不合理施用会增加土壤中的硝态氮、铵态氮、氮氧化物的排放量^[4-5],造成土壤盐碱化、温室气体的大量排放,对植株的生长发育产生不利影响,降低果实的品质、口感以及经济效益^[6]。本试验调研寿光“一村一品”设施蔬菜的栽培措施与土壤肥力水平,对研究寿光蔬菜种植技术,重点是肥料减施技术对环境效应的评价体系具有重要意义。

专家学者们对寿光以及其他地区的设施蔬菜的氮肥投入对不同蔬菜的影响进行了许多研究。例如,姜慧敏等在寿光官路村日光温室大棚中研究不同施氮模式对日光温室番茄产量、品质及土壤肥力的影响,提出在农民习惯用量的基础上减少氮肥施用量的 30%~50%,并结合施用秸秆调节土壤 C/N 和滴灌的集成模式,可以达到减施氮肥的效果,提高肥料的利用率^[7-9]。卢家柱等研究不同施氮量对茄子产量、品质及肥

料利用率的影响,认为适量的氮肥有利于提高茄子的品质和肥料的利用率^[10-11]。彭强等对减量控释氮肥对大棚甜椒产量及土壤硝态氮、铵态氮分布的影响,认为在农民习惯性施肥基础上施用 70% 控释肥可以保证较高的产量和较好的果实品质^[12]。李俊良等在寿光文家街道西陈村研究保护地番茄养分利用及土壤氮素淋失时提出传统的大水漫灌会造成土壤养分累积、硝酸盐淋失严重、肥料利用率低等问题^[13]。黄化刚等学者对山东寿光设施蔬菜栽培地区施肥状况进行调研时发现,养分投入主要以化肥为主,每年投入的氮肥高达 2 538 kg/hm²,过量施用氮肥,不仅造成氮肥利用率降低,当季利用率不到 10%,而且大量盈余的营养进入环境,存在严重的环境污染问题^[14]。张彦才等研究磷肥对日光温室番茄林营养和产量及土壤酶活性的影响^[15]。徐福利等在对日光温室滴灌条件下黄瓜氮磷有机肥肥效与施肥模式研究中,提出日光温室黄瓜种植应以有机肥为主,氮磷肥配合施用的栽培模式^[16-18]。

前人已经对设施蔬菜的氮肥、磷肥、钾肥以及有机肥的合理配施比例范围提出了许多意见与建议,并对各地的栽培措施提出许多改进方案。但对长期连作下的不同设施蔬菜的不同栽培措施对不同土层土壤肥力变化情况的研究还比较少,对氮、磷、钾、有机质含量与 pH 值、EC 值在不同设施蔬菜各层土壤的富集与淋失问题的研究还较浅。

本试验通过对比寿光地区不同农户对采用多年连作制度的不同设施蔬菜采取相应栽培措施对土壤肥力及不同土层之间肥力的差异情况进行研究,为寿光地区设施蔬菜减施化肥对环境效益的评价体系的构建以及为改进寿光设施蔬菜的栽培措施提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

本试验在山东寿光地区测取土样与填写调查问卷,寿光

收稿日期:2017-10-20

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFD0201206);北京市农林科学院青年科研基金(编号:QNJ201831)。

作者简介:段宏凯(1994—),男,山西祁县人,硕士研究生,主要从事农作物耕作与栽培研究。E-mail:13403664793@163.com。

通信作者:高利娟,硕士,副研究员,主要从事土壤生态环境方面研究。E-mail:gaolijuanys@163.com。

位于 118°32′~119°10′E、36°41′~37°19′N,属于暖温带季风区大陆性气候。试验测取 5 种设施蔬菜,每种设施蔬菜取 3 个棚,每个棚取 3 层土。5 种设施蔬菜分别为茄子(A1)、丝瓜(A2)、番茄(A3)、黄瓜(A4)和辣椒(A5),土层分为 0~30 cm(B1)、30~60 cm(B2)、60~90 cm(B3)。

1.2 试验方法

试验于 2017 年 6 月 10—21 日拉秧期分 2 次在寿光地区长期采用连作制度种植设施茄子、丝瓜、番茄、黄瓜和辣椒的设施大棚内测取土壤和填写调查问卷。每种作物取 3 个温室大棚,每个大棚取 5 钻土,每钻分成 3 层,即 0~30、30~60、60~90 cm,分别装入不同的自封袋中,保存于 4℃ 的保温箱中。检测地点在北京市农林科学院植物营养与资源研究所。

土壤各层水分、全氮、速效磷、速效钾、有机质含量与 pH 值、EC 值的测定参考文献[19~20]。

硝态氮与铵态氮含量的测定:称取鲜土样 10 g 于三角瓶,加入 50 mL 的 1 mol/L NaCl 溶液,振动 30 min 后浸提,用流动分析仪测定硝态氮与铵态氮的含量。

由于土壤有机质主要累积于土壤表层,因此本试验只测 0~30 cm 土层有机质含量。

1.3 数据分析

用 Excel 2010 进行数据统计与作图,用 SPSS 21 统计软件进行方差分析,如果差异显著($P < 0.05$),则进行 Tukey HSD 比较分析。

2 结果与分析

2.1 不同设施蔬菜土壤及不同土层对土壤全氮、铵态氮、硝态氮含量的影响

2.1.1 对土壤全氮含量的影响 由图 1 可知,土层 0~30 cm 的土壤全氮含量高于土层 30~60、60~90 cm 的含量,可见随着土层深度的增加,土壤全氮含量逐渐减少。0~30 cm 土层中设施茄子、丝瓜、番茄、黄瓜和辣椒土壤全氮含量较 30~60、60~90 cm 土层中全氮含量高,其中番茄该土层全氮含量较 30~60 cm 与 60~90 cm 土层全氮含量达显著差异水平($P < 0.05$),其他 4 种蔬菜均达极显著差异水平($P < 0.01$),这说明不同设施蔬菜的不同栽培措施水平对表层土的全氮含量有显著影响。连作设施黄瓜土壤全氮含量的标准差波动较小,说明农户在黄瓜栽培措施中总氮投入量相差不大。设施茄子的 0~30 cm 土层全氮量(2.36 g/kg)极显著高于 30~60 cm 土层土壤全氮含量(1.24 g/kg),又均极显著高于 60~90 cm 土层土壤全氮含量(0.42 g/kg),说明农户的设施茄子栽培措施对土壤全氮含量影响显著。设施丝瓜的 0~30 cm 土层土壤全氮含量(1.86 g/kg)极显著高于其他 2 个土层土壤全氮含量($P < 0.01$)。设施黄瓜与辣椒的 0~30 cm 土层土壤全氮含量跟其他 2 层土壤全氮含量形成极显著差异($P < 0.01$),30~60、60~90 cm 土壤全氮含量分别为 0.87、0.61 g/kg,但这两者之间未达显著性差异水平,说明寿光地区农户对设施黄瓜与辣椒的总氮投入量相差不多,且氮素的转移问题较轻。

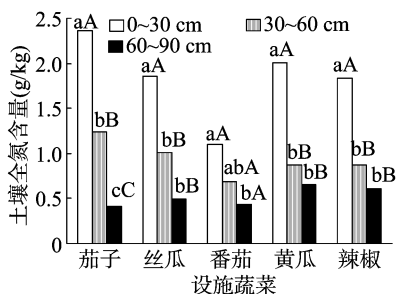
2.1.2 对土壤铵态氮含量的影响 由图 2 可知,5 种设施蔬菜 0~30 cm 土层土壤铵态氮平均含量(12.77 mg/kg) > 30~60 cm 土壤铵态氮平均含量(6.34 mg/kg) > 60~90 cm 土壤

铵态氮平均含量(4.34 mg/kg),且随着土层深度的加深,铵态氮含量减少,且减少幅度逐渐变小,30~60 cm 与 60~90 cm 土壤铵态氮含量差异均未达显著水平。设施丝瓜土壤整体的铵态氮含量为 5.62 mg/kg,低于其他 4 种设施蔬菜土壤整体的铵态氮含量,且 3 层土壤铵态氮含量差异未达显著性水平,说明寿光地区设施丝瓜的栽培措施没有引起土壤中铵态氮含量的显著增加。设施茄子、番茄的 0~30 cm 土层土壤铵态氮含量分别为 12.71、11.09 mg/kg,与 60~90 cm 土层土壤铵态氮含量 3.81、3.28 mg/kg 达显著差异($P < 0.05$)。设施黄瓜 0~30 cm 土层土壤铵态氮含量与 30~60、60~90 cm 土层土壤铵态氮呈极显著差异($P < 0.01$),30~60、60~90 cm 土层土壤铵态氮含量分别为 7.62、3.52 mg/kg,两者之间未达显著差异。设施辣椒各土层土壤铵态氮含量差异不显著。0~30 cm 土层中设施黄瓜土壤铵态氮含量最大,为 20.91 mg/kg,说明设施黄瓜施用铵态氮的相关肥料量较多;30~60 cm 与 60~90 cm 土层中 5 种设施蔬菜的土壤铵态氮含量基本差异不大,说明寿光地区的设施蔬菜土壤中铵态氮的累积主要集中在上层土壤中。

2.1.3 对土壤硝态氮含量的影响 由图 3 可知,0~30 cm 土层 5 种设施蔬菜土壤硝态氮平均含量为 25.67 mg/kg,高于 30~60、60~90 cm 土壤硝态氮含量 18.64、18.67 mg/kg。30~60 cm 土层中设施茄子的土壤硝态氮含量为 25.12 mg/kg,高于设施辣椒的土壤硝态氮含量 13.10 mg/kg。设施茄子、黄瓜的整体土壤硝态氮含量高于设施丝瓜、番茄和辣椒,设施茄子与黄瓜在 60~90 cm 土壤硝态氮含量达明显差异,说明不同设施蔬菜的栽培措施中硝态氮肥施用量存在明显差异。设施黄瓜 0~30 cm 土壤硝态氮含量最大,为 36.10 mg/kg,较 60~90 cm 土壤硝态氮含量 19.11 mg/kg 达显著差异($P < 0.05$),说明设施黄瓜的栽培过程中施用硝态氮肥的量较其他设施蔬菜多,造成了表层富集。

2.2 不同设施蔬菜土壤及不同土层对土壤速效磷、速效钾含量的影响

2.2.1 对土壤速效磷含量的影响 由图 4 可知,5 种设施蔬菜 0~30 cm 土层土壤速效磷含量为 334.00 mg/kg,显著高于 30~60 cm 土层速效磷含量 156.47 mg/kg($P < 0.05$),显著高于 60~90 cm 土壤中速效磷 66.55 mg/kg($P < 0.05$),说明寿光地区农户在设施蔬菜的栽培措施中对速效磷相关肥料的施用量较大。0~30 cm 土壤中设施茄子土壤速效磷含量最大,为 441.44 mg/kg,说明设施茄子的栽培措施中施用速效磷肥量高于其他 4 种设施蔬菜。60~90 cm 土层中设施番茄、黄瓜、辣椒土壤速效磷含量之间差异不明显,设施黄瓜土壤速效磷含量在该土层最大,为 118.44 mg/kg,高于其他 4 种设施蔬菜。设施茄子整体土壤速效磷含量最高,为 253.71 mg/kg,设施番茄整体土壤速效磷含量最低,为 114.15 mg/kg。设施茄子、丝瓜土壤速效磷含量在 0~30 cm 土层显著高于 30~60 cm 土层($P < 0.05$),30~60 cm 土层土壤速效磷含量显著高于 60~90 cm 土层($P < 0.05$)。设施番茄、黄瓜和辣椒不同土层土壤速效磷含量差异规律相近,0~30 cm 土层土壤速效磷含量显著高于 30~60、60~90 cm($P < 0.05$),30~60 cm 和 60~90 cm 土层之间土壤速效磷含量未达显著差异水平,说明寿光地区农户对设施茄子、丝瓜在速效磷方面的管理方



不同小写、大写字母表示同种设施蔬菜在不同土层间差异显著 ($P < 0.05$)、极显著 ($P < 0.01$)。图 2、图 3、图 4、图 5、图 7、图 8 同

图1 不同设施蔬菜土壤及不同土层对土壤全氮含量的影响

面相近,对设施黄瓜、番茄和辣椒在速效磷方面的管理水平相近。

2.2.2 对土壤速效钾含量的影响 由图 5 可知,5 种设施蔬菜 0~30 cm 土层土壤速效钾含量为 913.73 mg/kg > 30~60 cm 土壤速效钾含量 494.46 mg/kg > 60~90 cm 土壤速效钾含量 289.38 mg/kg,反映出寿光地区农户的设施蔬菜的栽培措施已经影响到不同土层中土壤速效钾含量的分布情况,使速效钾在上层土壤中富集。0~30 cm 土层中设施丝瓜土壤速效钾含量最高,为 1 231.66 mg/kg,设施番茄在该层土壤速效钾含量最低,为 476.99 mg/kg。在 30~60 cm 土层中,设施番茄土壤速效钾含量仍然最低,为 164.91 mg/kg,这说明寿光地区农户在设施番茄栽培措施中施入速效钾肥量较其他设施蔬菜少。设施茄子、丝瓜和黄瓜在 3 个土层之间土壤速效钾含量均达显著差异 ($P < 0.05$),即 0~30 cm 土层土壤速

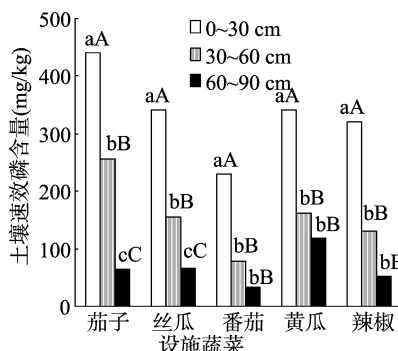


图4 不同设施蔬菜土壤及不同土层对土壤速效磷含量的影响

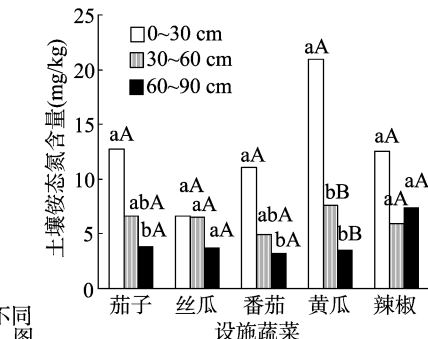


图2 不同设施蔬菜土壤及不同土层对土壤铵态氮含量的影响

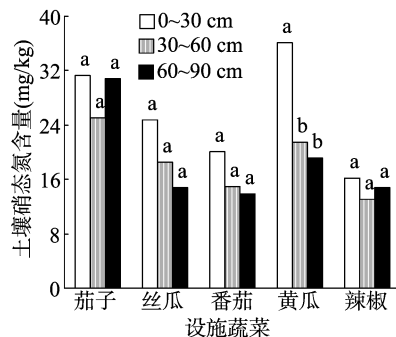


图3 不同设施蔬菜土壤及不同土层对土壤硝态氮含量的影响

效钾含量显著高于其他土层土壤速效钾含量 ($P < 0.05$), 30~60 cm 土壤速效钾含量显著高于 60~90 cm 土层土壤速效钾含量 ($P < 0.05$)。说明寿光地区农户在设施茄子、丝瓜和黄瓜生长过程中使用速效钾肥量较为相近。

2.3 不同设施蔬菜土壤及不同土层对土壤有机质含量、pH 值、EC 值的影响

2.3.1 对土壤有机质含量的影响 由图 6 可知,设施番茄 0~30 cm 土壤有机质含量 10.22 g/kg 显著低于其他 4 种设施蔬菜土壤。设施茄子、丝瓜、黄瓜和辣椒的 0~30 cm 土壤有机质含量差异未达显著水平,但含量均达 20 g/kg 以上。说明寿光地区在栽培设施番茄的过程中有机肥投入较少,相反,在栽培设施茄子过程中有机肥投入最多,其他设施蔬菜的有机肥投入量较为相近。

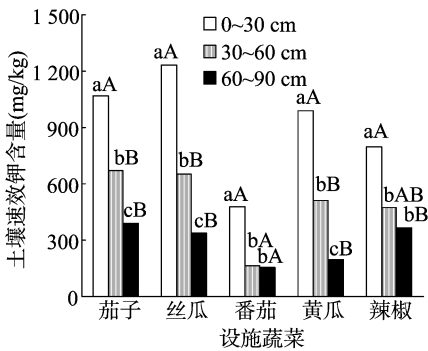


图5 不同设施蔬菜土壤及不同土层对土壤速效钾含量的影响

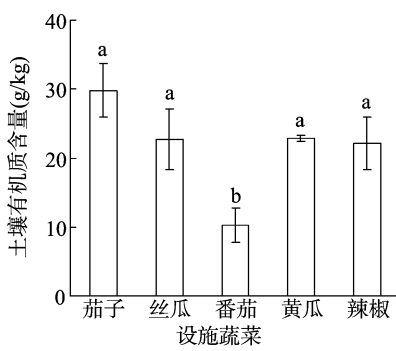


图6 不同设施蔬菜土壤对 0~30 cm 土壤有机质含量的影响

2.3.2 对土壤 pH 值的影响 由图 7 可知,60~90 cm 土层土壤 pH 均值为 7.85,高于 30~60 cm 土层土壤 pH 值均值 7.59,高于 0~30 cm 土层土壤 pH 值均值,说明寿光地区设施蔬菜土壤存在不同程度的酸化问题。在 0~30 cm 土层中设施茄子土壤 pH 值为 6.8,低于其他设施蔬菜该土层土壤 pH 值,说明寿光地区设施茄子的土壤酸化程度比其他设施蔬菜严重。30~60 cm 土层中设施辣椒土壤 pH 值最高,为 8.03; 60~90 cm 土层中 5 种设施蔬菜土壤 pH 值差异性未达明显差异水平。设施茄子、丝瓜、黄瓜和辣椒 3 个土层土壤 pH 值均未达显著差异,只有设施番茄 0~30 cm 土层土壤 pH 值显著高于 60~90 cm 土层 ($P < 0.05$),说明寿光地区农户在设施茄子、丝瓜、黄瓜和辣椒的栽培措施中对土壤 pH 值的影响较小。

2.3.3 对土壤 EC 值的影响 由图 8 可知,5 种设施蔬菜

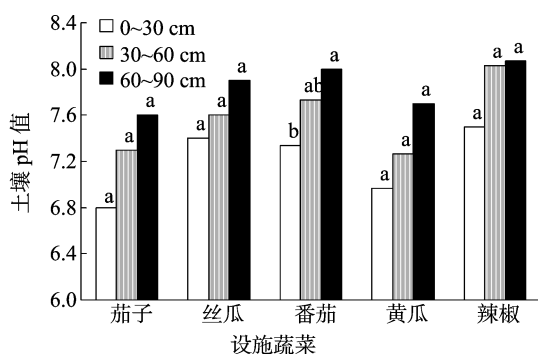


图7 不同设施蔬菜土壤及不同土层对土壤 pH 值的影响

0~30 cm 土层土壤 EC 均值 506.47 $\mu\text{S}/\text{cm}$,显著高于 30~60 cm 土层土壤 EC 均值 324.53 $\mu\text{S}/\text{cm}$,高于 60~90 cm 土层

土壤 EC 均值 229.73 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。设施丝瓜整体土壤 EC 值最大,为 455.56 $\mu\text{S}/\text{cm}$,但是在 0~30、30~60、60~90 cm 土层中土壤 EC 值的差异未达显著水平,说明寿光地区农户对设施丝瓜的栽培措施未对土壤 EC 值产生显著影响。设施辣椒整体土壤 EC 值最小,0~30 cm 土层土壤 EC 值与 60~90 cm 土层土壤 EC 值,30~60 cm 土层土壤 EC 值与 60~90 cm 土层土壤 EC 值均未达显著差异,说明农户对设施辣椒的栽培措施较其他设施蔬菜对土壤 EC 值的影响小。设施茄子、番茄、黄瓜的 0~30 cm 土壤 EC 值显著高于 60~90 cm 土层土壤 EC 值,30~60 cm 土层土壤 EC 值与 0~30、60~90 cm 土层土壤 EC 值均未达显著性差异。说明农户对设施茄子、番茄、黄瓜的不同栽培措施均未对各层土壤盐分含量造成显著影响。

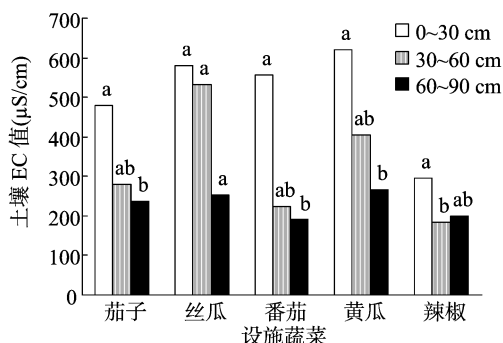


图8 不同设施蔬菜土壤及不同土层对土壤 EC 值的影响

3 讨论与结论

3.1 不同农户对不同设施蔬菜的栽培措施对全氮、铵态氮和硝态氮含量的影响

多数专家学者研究认为,增施氮肥对于提高设施蔬菜的维生素 C、有机酸、可溶性固形物、蛋白质等主要营养成分含量具有促进作用^[21],但不合理的施氮量又会是造成土壤中养分和盐分的大量累积,氮肥利用率降低,蔬菜体内硝态氮含量富集严重及蔬菜营养品质下降的重要原因^[22]。雷宝坤等研究寿光菜田土壤质量问题时发现,土壤全氮含量较附近粮田相比增加了 0.61 g/kg,土壤全氮的增长量是有机质的 2 倍^[23]。樊兆博等在寿光地区研究传统漫灌施肥和滴灌施肥时发现,2 种栽培体系土壤全氮含量差异不显著;平均每季硝态氮残留量与淋洗量均为传统漫灌施肥体系远大于滴灌施肥体系^[24-25]。余海英在调研寿光设施蔬菜土壤时发现,设施栽培条件下养分的投入量远大于作物生长的实际需要量,设施土壤耕层(0~20 cm)全氮、硝态氮、铵态氮平均含量分别为露地土壤的 1.9、21.2、1.6 倍^[26]。郭金花在 2014 年调研寿光地区设施蔬菜施肥养分平衡结果与 2004 年设施蔬菜施肥养分平衡的研究发现,氮的利用率降低了 30.6%^[27]。

本研究发现,寿光地区设施蔬菜土壤的全氮、铵态氮、硝态氮含量随着土层深度的增加而逐渐减少,且减少幅度逐渐变小,说明寿光地区的设施蔬菜土壤中全氮、铵态氮、硝态氮主要累积在上层土壤中,造成了表层富集,与余海英的研究结果^[26]相近,反映出寿光地区农户对设施蔬菜的栽培措施已对土壤全氮、铵态氮、硝态氮含量产生显著影响,与郭佩秋的研究结果^[28]相近。寿光地区不同农户在设施黄瓜栽培措施中

总氮投入量相差不大,且设施黄瓜的铵态氮与硝态氮相关化肥投入量较其他设施蔬菜多。寿光地区农户的设施丝瓜的栽培措施中没有引起土壤中铵态氮、硝态氮含量的显著增加。设施辣椒的各层土壤硝态氮含量均较其他设施蔬菜低,且对 30~60 cm 土壤中的硝态氮吸收量较其他蔬菜多。寿光地区的设施茄子、番茄和辣椒的栽培措施没有对不同土层硝态氮含量造成显著影响。但由于没有长期定位观察,对不同设施蔬菜与不同耕作措施对土壤全氮、铵态氮和硝态氮含量的动态变化情况还须进一步探讨研究。

3.2 不同农户对不同设施蔬菜的栽培措施对速效磷、速效钾的影响

近年来,不少学者对寿光地区设施蔬菜的化肥投入量进行多年调查,刘莘等分别在 2010、2004、1997 年在寿光地区进行多次调研,在调研过程中发现,近十几年来,有机氮磷钾的投入量呈现增加趋势,化肥氮和磷的投入量呈现下降趋势,而化肥钾的投入量一直增加,2010 年的投入量是 1997 年的近 2 倍^[29-30]。由此印证本研究中土壤速效钾最高含量达 1 600 mg/kg,而过量施用钾肥对寿光设施果菜类蔬菜的生长发育产生严重的影响,如茄果类蔬菜的脐腐病、生长点坏死、叶片黄化、果实皱皮以及番茄籽粒外露等病害。而赵文艳等研究发现,随着钾氮肥施用量的增加,土壤硝态氮、速效钾及土壤水溶性盐分含量均显著增加,而土壤盐分含量的增加会极显著的引起番茄叶片中脯氨酸含量的增加^[31]。郭金花在 2014 年调研寿光地区设施蔬菜施肥养分平衡结果与 2004 年设施蔬菜施肥养分平衡的研究结果显示,磷、钾的利用率降低了 20.5%、44%,严重影响生态环境^[27]。

本研究结果同样显示,寿光地区农户的设施蔬菜的栽培措施中对速效磷、速效钾相关化肥的施用量较大,已经显著影响到不同土层中土壤速效磷、速效钾含量的分布情况,使速效磷、速效钾在上层土壤中富集,与刘莘等的研究结果^[29-30]一致。说明寿光地区农户在设施茄子、丝瓜生长过程中使用速效磷、速效钾肥量较为相近。寿光地区农户在设施番茄栽培措施中施用速效钾肥量较其他设施蔬菜少。寿光地区不同农户对设施黄瓜的栽培措施中速效钾肥施入量相差较小,对设施丝瓜的栽培措施中施用速效磷相关肥料量相差较大。有关不同设施蔬菜土壤速效磷、速效钾含量的变化规律还有许多不足之处,须进一步定点定位继续试验验证。

3.3 不同农户对不同设施蔬菜的栽培措施对有机质含量、pH 值和 EC 值的影响

前人对山东省设施蔬菜施肥量的调研中发现,土壤 pH 值有降低的趋势^[32]。李俊良等发现,一个种植 13 年的设施土壤 pH 值降至 4.3^[13]。化肥的过量施用首先造成土壤溶液大幅度升高,导致盐害发生,影响蔬菜根系的生长发育,而根系生长不良又影响蔬菜作物的健康生长。牛俊玲等发现,寿光地区农户有机肥主要施用鸡粪^[33]。曾路生等研究提出,寿光设施过量施肥导致土壤逐渐酸化和盐碱化^[32]。郭金花提出,随着种植年限的增加,有机肥施用量减少,而化肥的施用量却增加^[27]。

本研究发现,寿光地区不同设施蔬菜土壤存在不同程度的酸化问题,与李俊良等的研究结果^[13]相近,其中寿光地区农户在设施茄子、番茄、黄瓜和辣椒栽培措施中较设施丝瓜的

栽培措施对表层土 pH 值造成了显著的影响。寿光地区农户对不同设施蔬菜的不同栽培措施之间对比发现,未对土壤 EC 值产生显著差异,且没有显著改变土层间土壤 EC 值的差异规律,与设施外面土壤 EC 值的差异还有待进一步研究探讨。寿光地区农户在设施番茄有机质投入量较少外,其他设施蔬菜有机质投入量相差不大。本研究中有有机质虽然大部分为 22% 以上,但较北京地区设施蔬菜土壤有机质含量 40% 以上还有差距,原因大概是由于寿光地区使用的有机肥 85% 以上是鸡粪,鸡粪在土壤中不利于土壤有机质的积累^[30],而北京地区设施蔬菜施用有机肥以厩肥的比例较高。

总之,寿光地区不同农户对不同设施蔬菜的不同栽培措施对土壤肥力产生显著影响。土壤大部分指标都处于较高水平,但不同营养元素含量配比不均衡的问题也相对突出,养分投入过量问题已经相当严重。寿光地区农户可以根据不同设施蔬菜施用不同比例的复合肥及缓冲肥,但是施用比例是否符合蔬菜生长规律还须进一步定点定位调研。寿光地区设施蔬菜中的有机质投入应该加大厩肥的投入量,来显著增加土壤有机碳的含量,以达到碳氮比例的平衡,促进寿光地区设施蔬菜从追求产量向产量与质量并重方面转变,用供给侧结构性改革思维与绿色农业发展标准促进寿光地区设施蔬菜产业可持续发展。

参考文献:

- [1] 黄海平,龚新蜀,黄宝连. 基于专业化分工的农业产业集群竞争优势研究——以寿光蔬菜产业集群为例[J]. 农业经济问题, 2010(4):64-69,111.
- [2] 孙光闻,陈日远,刘厚诚. 设施蔬菜连作障碍原因及防治措施[J]. 农业工程学报,2005,21(2):184-188.
- [3] 张丽娟,巨晓棠,刘辰琛,等. 北方设施蔬菜种植区地下水硝酸盐来源分析——以山东省惠民县为例[J]. 中国农业科学,2010,43(21):4427-4436.
- [4] Liu C Y, Wang K, Meng S X, et al. Effects of irrigation, fertilization and crop straw management on nitrous oxide and nitric oxide emissions from a wheat-maize rotation field in northern China[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2011, 140: 226-233.
- [5] Yang L, Wang L G, Li H, et al. Impacts of fertilization alternatives and crop straw incorporation on N₂O emissions from a spring maize field in northeastern China[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2014, 13(4):881-892.
- [6] 李银坤,郭文忠,薛绪掌,等. 不同灌溉施肥模式对温室番茄产量、品质及水肥利用的影响[J]. 中国农业科学,2017,50(19):3757-3765.
- [7] 姜慧敏,张建峰,杨俊诚,等. 施氮模式对番茄氮素吸收利用及土壤硝态氮累积的影响[J]. 农业环境科学学报,2009,28(12):2623-2630.
- [8] 姜慧敏,张建峰,杨俊诚,等. 不同氮肥用量对设施番茄产量、品质和土壤硝态氮累积的影响[J]. 农业环境科学学报,2010,29(12):2338-2345.
- [9] 姜慧敏,张建峰,杨俊诚,等. 不同施氮模式对日光温室番茄产量、品质及土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(1):158-165.
- [10] 卢家柱,赵贵宾,颀建明,等. 不同施氮量对茄子产量、品质及肥料利用率的影响[J]. 华北农学报,2016,31(3):205-211.
- [11] 卢家柱. 缓释氮肥用量对茄子生长生理及养分利用的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2016.
- [12] 彭强,李絮花,王克安,等. 减量控释氮肥对大棚甜椒产量及土壤硝态氮、铵态氮分布的影响[J]. 水土保持学报,2012,26(6):106-110.
- [13] 李俊良,朱建华,张晓晟,等. 保护地番茄养分利用及土壤氮素淋失[J]. 应用与环境生物学报,2001,7(2):126-129.
- [14] 黄化刚,张锡洲,李廷轩,等. 典型设施栽培地区养分平衡及其环境风险[J]. 农业环境科学学报,2007,26(2):676-682.
- [15] 张彦才,李若楠,王丽英,等. 磷肥对日光温室番茄磷营养和产量及土壤酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(6):1193-1199.
- [16] 徐福利,梁银丽,张成娥,等. 施肥对日光温室黄瓜生长和土壤生物学特性的影响[J]. 应用生态学报,2004,15(7):1227-1230.
- [17] 徐福利,王振,徐慧敏,等. 日光温室滴灌条件下黄瓜氮、磷、有机肥肥效与施肥模式研究[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(1):177-182.
- [18] 徐福利,梁银丽,杜社妮,等. 黄土高原日光温室黄瓜合理施肥用量及优化施肥模式研究[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(1):75-80.
- [19] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2008.
- [20] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000.
- [21] 秦巧燕,贾陈忠,曲东,等. 我国设施农业发展现状及施肥特点[J]. 湖北农学院学报,2002,22(4):373-376.
- [22] 朱建华,李俊良,李晓林,等. 几种复合肥施用对蔬菜保护地土壤环境质量的影响[J]. 农业环境保护,2002,21(1):5-8.
- [23] 雷宝坤,陈清,范明生,等. 寿光设施菜田碳、氮演变及其对土壤性质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(5):914-922.
- [24] 樊兆博,刘美菊,张晓曼,等. 滴灌施肥对设施番茄产量和氮素表现平衡的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(4):970-976.
- [25] 樊兆博. 滴灌和漫灌施肥体系下设施番茄产量和水氮利用效率的评价[D]. 北京:中国农业大学,2014.
- [26] 余海英. 设施土壤养分状况及盐分的累积、迁移特征[D]. 雅安:四川农业大学,2006.
- [27] 郭金花. 典型设施蔬菜生产系统水肥、农药投入及环境影响的生命周期评价[D]. 北京:中国农业大学,2016.
- [28] 郭佩秋. 设施土壤和蔬菜硝酸盐积累规律的研究[D]. 泰安:山东农业大学,2009.
- [29] 刘苹,李彦,江丽华,等. 施肥对蔬菜产量的影响——以寿光市设施蔬菜为例[J]. 应用生态学报,2014,25(6):1752-1758.
- [30] 刘兆辉,江丽华,张文君,等. 山东省设施蔬菜施肥量演变及土壤养分变化规律[J]. 土壤学报,2008,45(2):296-303.
- [31] 赵文艳,张晓敏,石宗琳,等. 氮钾肥施用对土壤有效养分和盐分及番茄生长的影响[J]. 水土保持学报,2011,25(4):100-103,109.
- [32] 曾路生,高岩,李俊良,等. 寿光大棚菜地酸化与土壤养分变化关系研究[J]. 水土保持学报,2010,24(4):157-161.
- [33] 牛俊玲,李彦明,陈清. 固体有机废物肥料化利用技术[M]. 北京:化学工业出版社,2010:136-140.