

蔬菜大棚条件下土壤性质及环境条件的变化^①

焦 坤 李德成

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 原本种植一般作物的大田,在以大棚方式栽培蔬菜后,其土壤性质会发生一系列的变化。本文根据国内的相关研究报道,论述了蔬菜大棚条件下土壤的物理、化学和生物学性质变化及其应对措施,并提出了值得进一步深入系统研究的问题。

关键词 蔬菜大棚;土壤的理化及生物学性质

中图分类号 S156.1

我国城市化发展很快,其对蔬菜的需求也日趋增长。集约化的蔬菜生产(以蔬菜大棚为主要代表)是未来主要的发展方向之一。在蔬菜大棚中,农户可以通过调节棚内小气候,为蔬菜生长创造出适宜的环境条件,从而延长蔬菜生产季节,提高蔬菜产量,不仅具有较大的增产增收意义,还因缓解了淡季城市蔬菜紧张供应而具有积极的社会效益。蔬菜大棚(也包括日光温室等)在我国发展很快,并已由北方扩展到了全国各地。以蔬菜大棚为主的菜地面积占菜地总面积的比例已由 1985 年的 1.4% 上升到 1995 年的 14%^[1],且该比例还将不断提高。

但值得注意的是,由于蔬菜大棚特殊的建造结构、高集约化生产程度、高复种指数、肥料施用量大、无雨水淋洗、高温高湿、高蒸发量、反季节栽培等特点,与对照的露天大田相比,各地蔬菜大棚在利用到一定年限后,棚内土壤的物理、化学和生物学性质均发生了很大变化,也产生了一些负面问题。国内针对蔬菜大棚条件下的土壤和环境问题及其对策做了较多的研究,本文根据相关报道对此做了简要的回顾总结。

1 土壤的物理性质变化

1.1 地温

棚内与棚外相比,两者一天中的气温和地温变化趋势基本一致,均是早晨低,中午前后升至最高,下午开始逐步降低^[2, 3]。但棚内气温和地温均相对高于棚外^[4, 5]。如北京地区 11 月下旬至 1 月期间,凌晨 7:30 棚外为 -8℃,而棚内可高达 4.2℃。棚内地温与

棚内气温之间呈显著的正向关系,只是地温变化的速度低于气温^[6]。江西萍乡地区的研究也表明,棚内土温在同一深度时一般均高于棚外土温,最高可相差 13.6℃。就增温效果来看,阴雨天好于晴天,冬季好于春季^[5]。大棚内地温的提高作用有利也有弊,这既有利于提高蔬菜体内的干物质积累^[7],也会使硝化细菌的活性提高,导致土壤中残留 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 的浓度变大^[8]。

1.2 水分

由于棚内气温和地温均较高,容易形成较为干燥的生态环境,导致地面蒸发作用强烈,使土体内水分多是沿着毛管孔隙由下至上向土表运动^[9, 10]。对田间持水量的比较研究发现,与露天大田相比,棚内土壤的田间持水量有的升高,有的降低,可能与大棚内土壤类型有关^[11]。但耗水量大是蔬菜大棚生产的一个重要特点,保证充足水分供给是高产的一个必要措施^[12]。

1.3 其它

赵风艳等在大庆市和哈尔滨市的研究发现,与露天大田相比,棚内土壤的耕作层厚度减少了 5~15m,容重降低了 0.07~0.10g/cm³,总孔隙度增加了 1.3%~5.9%,毛管孔隙度增加了 1.1%~6.1%,5~0.25mm 水稳性团聚体增加了 9.5%~50.3%。他们认为大棚土壤的耕作层结构性好,持水性强,有益于蔬菜的生长,但耕作层浅,通气透水性差则是限制产量的障碍因子^[11]。南京市尧化镇的露天大田土壤质地一般为中壤,而相应的蔬菜大棚内土壤的质地则多演变为重壤。这可能与化肥大量施用引起的土壤板结有关^[13]。

^①中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-417)资助。

2 土壤的化学性质变化

2.1 有机质、N、P、K

许多研究都表明,与露天大田相比,大棚利用的菜地土壤有机质、N、P 均表现增加的趋势,且增加程度随棚龄的延长而增大^[11,13~16]。全 K 的变化则差异较大,部分结果表明呈增加趋势^[11,16],但也有研究发现有所降低^[15]。速效 N、速效 P 和速效 K 一般也呈现增加的趋势^[11,13,17,18]。就 P 素形态变化而言,土壤全 P、速效 P、Cowell 全 P、Cowell 无机 P 含量均有所增加,这一趋势随利用年限的增加而增加。此外,高稳性有机 P 相对增加,活性有机 P 相对降低,表明大棚土壤对 P 的吸附和解吸能力均较高^[15]。大棚土壤养分增加的原因是化肥和有机肥投入量过大,已超出蔬菜生长的吸收能力。大棚土壤中 P 素积累最明显^[15,16],复合肥中 P 比例过高被认为是一个主要原因^[15]。

2.2 盐渍化和盐害

大棚土壤积盐和盐渍化现象非常普遍,在不同地区进行的研究均发现了这一问题^[11,17,19~26]。哈尔滨和大庆的大棚菜地土壤的水溶性盐总量是露地的 2.1~13.4 倍,并随棚龄的延长而升高。山东省也发现类似的趋势。在盐离子组成中,大棚菜地土壤中 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 HCO_3^- 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的含量均比露天大田高,其中 Cl^- 、 NO_3^- 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 与全盐量成正相关, HCO_3^- 与全盐量成负相关^[17,18]。土壤中盐分的增加导致电导率升高,哈尔滨市和大庆市蔬菜大棚内土壤的电导率是露天大田的 2.0 ~ 5.6 倍,最高达 0.87mS/cm。南京市尧化镇露天大田土壤的电导率为 0.137~0.276mS/cm,而大棚菜地土壤则升高到 0.367~0.506mS/cm^[11,13]。这可能导致土壤盐渍化,表现为表层干燥时有明显的白色返盐现象并板结,破碎后呈灰白色粉状,湿润时土壤颜色发暗,产生盐害^[11,19]。

过量使用化肥和偏施 N 肥是引起土壤次生盐渍化的直接原因^[17,18,22,24,25]。山东省寿光市为我国大棚生产发达地区的典型代表,其大棚菜地的纯 N、P、K 用量一般是大田的 4~10 倍,是蔬菜生长需要量的 6~8 倍。另外,由于塑料薄膜覆盖期长达 10~11 个月,导致降雨对土壤的自然淋溶作用显著减弱,而高温导致土壤蒸发增强,引起盐分在表土中积累,以及高温使土壤的矿化作用明显加剧,土壤自身矿化的离子与人为施入的肥料相结合使土壤盐分浓度

在短期内明显上升。缺少降雨淋溶和土壤高度矿化是引起日光温室土壤次生盐渍化的另一个主要因素。大棚菜地土壤中 NO_3^- -N 一般呈增加的趋势,其原因主要是 N 肥的过量投入,由于大棚蔬菜对 N 肥的利用率不足 10%,其余 90%以上残留在土壤中或进入地下水,这会导致蔬菜抗病性减弱,硝酸盐含量升高,品质降低,地下水水质恶化^[18]。

应对盐渍化和盐害的主要对策有:(1)采用科学合理的施肥方法,以有机肥为主,化肥为辅,协调 N、P、K 肥比例^[10,13,14]; (2)采用合理的灌溉方法,以 NO_3^- 为主的次生盐渍化土壤,每次灌水应浇足浇透,将表土积聚的盐分稀释下淋,供作物根系吸收。以 SO_4^{2-} 和 Cl^- 为主的,则可以采用滴灌特有的排盐特性将有害离子排出,避免直接危害作物根系^[10]; (3)在夏季高温季节可以拆除塑料薄膜,利用自然降雨淋溶土壤,降低土壤中盐分浓度^[10]; (4)合理轮作,利用不同作物的茬口可以减轻盐害和连作障碍^[27],如在黄瓜、西红柿、西葫芦等作物的生长后期套种一茬早熟玉米^[10]; (5)施用半腐熟有机肥、客土、地面覆盖、适当深耕、作物生长后期停止施肥等措施。

2.3 土壤 pH

露天大田改作蔬菜大棚后,土壤的 pH 一般会出现逐渐降低的趋势。南京市尧化镇地区土壤 pH 降低了 0.8~2.0 个单位^[13]。沈阳市、哈尔滨市和大庆市土壤 pH 最大可降低 0.50 个单位^[11,15]。大量酸性肥料(如硝铵、碳铵)的施用可能是导致土壤变酸、pH 降低的主要原因。

3 微生物、酶活性和病虫害

3.1 微生物

姚圣梅等在对武汉地区蔬菜大棚土壤进行研究后发现,微生物总量随大棚使用年限的延长而增多。棚龄越长,土壤有机质含量越高,越有利于微生物的繁殖和积累^[28,29]。唐咏等在沈阳地区的研究则表明,大棚内土壤中氨化细菌、硝化细菌和反硝化细菌的数量均表现出增加的趋势,真菌中腐霉菌数量增加,木霉菌数量减少,放线菌数量则随棚龄的延长而减少^[30]。蔬菜大棚内通气状况变差是导致放线菌数量减少的主要原因^[30]。

氨化细菌和硝化细菌的增加有利于促进土壤有机 N 的矿化作用和硝化作用,硝化作用的增强又有利于土壤中 NH_4^+ -N 向 NO_3^- -N 的转化,这可以避免土壤中 NH_4^+ -N 积累所导致的蔬菜铵中毒。但通气不良时,将使土壤反硝化作用增强,使 NH_4^+ -N 还

原为 NO_2 和 N_2 , 造成土壤 N 素损失。真菌中霉菌的增加和木霉菌的减少对蔬菜生长是不利的, 因为霉菌增加会增加蔬菜染病的可能性, 而木霉菌减少则可能减弱蔬菜抗病能力。

3.2 酶活性

土壤酶活性是土壤代谢作用强度的标志, 如过氧化氢酶活性关系到土壤的解毒能力, 脲酶能水解尿素生成氨, 其活性影响着土壤 N 素代谢状况^[31~34]。贾继文等在寿光市和泰安市的研究表明, 大棚菜地土壤的理化性质对土壤酶活性有显著影响, 过氧化氢酶、脲酶、中性磷酸酶、酸性磷酸酶等均与土壤有机质含量呈显著正相关, 与其它土壤理化因子, 如阳离子交换量、速效 P、容重、砂粒含量等也有一定相关性^[35]。唐咏等在沈阳地区的研究虽然也发现大棚内土壤中脲酶和中性磷酸酶活性增加, 但过氧化氢酶活性却变化不大^[30]。

3.3 病虫害问题

由于大棚环境的特殊性, 其不利因素很多, 如透光率降低, 其透光量为露地自然光量的 60% ~ 70%; 昼夜温度变化快, 温差大, 昼夜温差最高可达 30 左右; 湿度大, 相对湿度也常在 90% 以上。土壤 EC 值过高, 养分不平衡, 这些因素易导致病虫害的发生^[13]。据估计, 由病虫害引起辣椒、黄瓜、茄子、番茄、莴苣等危害, 轻者可减产 10% ~ 20%, 重者可减产 50% ~ 70%。蔬菜大棚生产常见的病虫害有猝倒病、立枯病、炭疽病、霜霉病、疫病、灰霉病和菌核病等。应根据具体情况, 从苗床安排、品种选择、种子处理、合理施肥、化学药剂防治、生物防治措施等多个方面制订综合性对策^[36]。

4 问题与展望

由于蔬菜大棚生产直接关系到农户的经济利益以及居民的生活质量与健康问题, 另外, 我国加入 WTO 以后, 发达国家制定“绿色壁垒”, 阻碍中国蔬菜进口, 对中国农业生产产生了重大制约, 应当承认, 土壤退化和质量下降是导致我国蔬菜出口屡屡被拒的一个重要原因, 所以, 开展蔬菜大棚土壤性质和环境条件方面的变化与对策研究具有重要的现实意义^[37]。但对现有研究报道汇总后可以发现, 尚存在以下值得关注的问题:

(1) 目前许多已进行的研究, 多针对于某一地区的蔬菜大棚中出现的某类具体问题而进行, 研究问题单一, 主要是盐渍化和养分积累问题, 而涉及微量元素等的研究很少。总体上研究分散、零星,

缺乏系统性且力度不够。

(2) 由于研究条件的限制和部分地区蔬菜大棚生产的不稳定性, 研究价值高的长期定位试验非常缺乏, 致使土壤性质与生产环境条件的动态演变和监测与评价指标体系无法建立, 也难以形成协调、高效和可持续的施肥-土壤-蔬菜品质的系统监控体系。

(3) 重金属污染以及农药残留会直接影响土壤性质、水质状况、作物生长、农产品品质, 并通过食物链危害到人类健康, 已成为农业生产中的“定时炸弹”。但遗憾的是, 有关这方面的研究报道很少, 致使人们对我国蔬菜大棚土壤及蔬菜产品中的重金属污染和农药残留情况缺乏基本的了解, 也无法采取积极的应对措施。

我国蔬菜大棚生产的未来主要走向之一是高投入、高产出、高效益的规模化和产业化。而高投入本身就潜在着负面问题加剧的趋势。近年来, 基于地方和国家利益出发, 不同地区及不同国家对本地及外地的蔬菜产品品质提出的监测标准以及城市居民对蔬菜品质要求在日趋提高, 这对蔬菜大棚种植的要求标准也将更趋全面和严酷。因此, 对蔬菜大棚生产中土壤性质动态演变及其对蔬菜品质的影响与对策进行系统深入的研究, 不仅具有农学, 土壤学和环境科学的意义, 而且也具有十分迫切的现实意义。

参考文献

- 1 丁保华. 近 10 年来我国蔬菜生产的变化特点和发展趋势. 见: 谢建昌等主编. 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥. 南京: 河海大学出版社, 1997, 17~21
- 2 朱祖祥. 土壤学 (上册). 北京: 北京农业出版社, 1982
- 3 李国师. 日光温室地温变化规律与调控. 中国农业气象, 1996, 17 (4): 38~40
- 4 李成尧等. 塑料大棚栽培优质蔬菜的微气象研究. 湖北农业科学, 1989, (9): 33~34
- 5 张明初等. 萍乡市蔬菜大棚小气候特征观察小结. 江西气象科技, 1997, (3): 26~29
- 6 王桂英, 唐国斌. 日光温室环境条件分析及其回归预测. 北京农学院学报, 1994, 9 (2): 75~84
- 7 郑光华. 塑料大棚蔬菜栽培生理障碍. 上海: 上海科学技术出版社, 1984
- 8 陈华癸. 土壤微生物学. 上海: 上海科学技术出版社, 1983
- 9 程美延. 温室土壤盐分积累盐害及防治. 土壤肥料, 1990, (1): 1~4

- 10 王学军. 日光温室土壤次生盐渍化分析. 北方园艺, 蔬菜, 1998, (3): 4~5
- 11 赵风艳等. 大棚菜地土壤理化特性的研究. 土壤肥料, 2000, (2): 11~13
- 12 徐富安等. 南京郊区保护地蔬菜的灌溉问题. 土壤, 1994, 26 (3): 140~142
- 13 谢学东, 李加友. 蔬菜大棚土壤肥力状况调查. 南京农专学报, 1999, 15 (1): 26~29
- 14 程季珍等. 山西省西部菜田土壤养分积累与合理施肥. 北方园艺, 1994, (6): 18~19
- 15 梁成华等. 日光温室菜田土的磷素形态及吸附和解吸特征. 植物营养和肥料学报, 1998, 4 (4): 345~351
- 16 马文奇等. 山东省蔬菜大棚养分积累状况. 磷肥与复肥, 2000, 15 (3): 65~67
- 17 李文庆等. 大棚栽培后土壤盐分的变化. 土壤, 1995, 27 (4): 38~40
- 18 李文庆等. 大棚土壤硝酸盐状况分析. 土壤学报, 2002, 39 (2): 283~287
- 19 吴多三. 土壤盐类浓度障碍对蔬菜作物生产的影响. 蔬菜, 1987, (3): 1~4
- 20 侯云霞. 上海蔬菜保护地的土壤盐分状况. 上海农业学报, 1987, 3 (4): 31~38
- 21 施秀珠. 不同棚龄塑料大棚土壤表聚盐分特征及其预防. 上海蔬菜, 1989, (3): 35~36
- 22 童有等为. 温室土壤次生盐渍化的形成及治理技术. 园艺学报, 1991, 18 (2): 159~162
- 23 李先珍. 京郊蔬菜大棚土壤盐离子积累状况研究和研究初报. 中国蔬菜, 1993, (4): 15~18
- 24 薛继澄等. 保护地栽培蔬菜生理障碍的土壤因子与对策. 土壤肥料, 1994, (1): 4~9
- 25 吴志行等. 大棚蔬菜连作障碍及土壤次生盐渍化原因及防止. 长江蔬菜, 1994, (5): 21-23
- 26 孙松发. 温室土壤次生盐渍化的研究. 上海农学报, 1998, 10 (2): 132~140
- 27 张春兰等. 不同作物茬口对减轻保护地土壤盐害及连作障碍的作用. 土壤通报, 1995, 26 (6): 257~259
- 28 姚圣梅等. 蔬菜大棚土壤微生物群落的研究. 中国蔬菜, 1997, (4): 37
- 29 姚圣梅等. 蔬菜大棚土壤微生物种类及数量的初步研究. 华中农业大学学报, 1997, 16 (4): 92~95
- 30 唐咏等. 日光温室蔬菜栽培对土壤微生物和酶活性的影响. 沈阳农业大学学报 (自然科学版), 1999-02, 30 (1): 16~19
- 31 关松荫. 土壤酶与土壤肥力. 土壤通报, 1980, 1 (6): 41~44
- 32 关松荫. 土壤酶及其研究法. 北京: 农业出版社, 1986
- 33 周礼恺. 土壤酶学. 北京: 科学出版社, 1987
- 34 於忠祥等. 合肥郊区菜园土土壤酶活性研究. 土壤通报, 1996, 27 (4): 179~181
- 35 贾继文等. 蔬菜大棚土壤理化性状与土壤酶活性关系的研究. 山东农业大学学报(自然科学版), 2001, 32 (4): 427~432
- 36 徐廷福. 江淮地区蔬菜大棚主要病害综合防治措施. 安徽农业, 1998, (3): 22
- 37 葛箐萍. 大棚土壤的理化性状. 土壤通报, 1998, 29 (1): 88~90

CHANGES IN SOIL PROPERTIES AND ENVIRONMENT IN VEGETABLE GREEN HOUSES

Jiao Kun Li Decheng

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

Abstract It is known that some changes will happen in soil properties and environment in vegetable green houses as is compared with those of original open-fields. This paper is a summarization of results of some related studies available in China, concentrating on changes in soil physical, chemical and biological properties in the environment as well as corresponding countermeasures. Issues which need further study are also pointed out in this paper.

Key words Vegetable green houses, Soil properties, Environmental conditions