

设施栽培对土壤化学性质及微生物区系的影响^{*}

董艳¹, 董坤², 鲁耀^{1,3}, 赵平¹, 汤利^{1**}

(1. 云南农业大学 资源与环境学院, 云南 昆明 650201; 2. 云南农业大学 食品科学技术学院, 云南 昆明 650201;
3. 云南省农业科学院 农业环境研究所, 云南 昆明 650205)

摘要: 对昆明郊区蔬菜、花卉主产区典型大棚土壤进行取样, 研究不同种植年限对设施土壤养分状况和土壤微生物区系的影响。结果表明, 土壤碱解氮、速效磷和速效钾含量随大棚种植年限的增加而逐渐增加; 随大棚种植年限的增加, 土壤盐分、有机质含量呈先增加后降低再升高的趋势, 其中以种植6年左右的大棚土壤盐分、有机质含量最高; 土壤pH则是随着种植年限的增加缓慢降低。由田间栽培改为设施栽培后增加了土壤微生物数量, 随大棚种植年限的增加, 土壤细菌、放线菌、微生物总数和B/F比值先增加后降低, 真菌数量持续增加而微生物多样性指数和均匀度指数持续降低。研究结果表明由田间栽培改为大棚蔬菜保护地后, 设施栽培初期, 土壤生态环境较好, 种植6~8年以后, 土壤盐分累积、养分富集和土壤酸化严重, 导致土壤微生物区系失调, 微生物多样性和均匀度显著下降, 土壤质量的稳定性和可持续利用性大大降低。

关键词: 种植年限; 土壤化学性质; 土壤微生物区系; 土壤质量

中图分类号: S 153; S 154.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-390X (2009) 03-0418-07

Influence of Greenhouse Cultivation on Soil Chemical Properties and Microbial Community

DONG Yan¹, DONG Kun², LU Yao¹, ZHAO Ping¹, TANG Li¹

(1. College of Resources and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

3. Agriculture Environment Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China)

Abstract: The study was conducted to investigate the chemical properties and microbial community in greenhouse soil with different cultivation years in Kunming suburbs. The results showed that the content of available N, P, K increased and soil pH value decreased with the cultivation year increasing. The content of total salt and soil organic matter were increased first, decreased then, and increased again with the cultivation year increasing and reached the maximum value after 6-year cultivation. Soil microbe number in greenhouse soil was higher than that in open field soil. The amount of bacteria, actinomycetes, total microbe and B/F in greenhouse soil increased firstly, and then decreased with the cultivation years increasing. Shannon-Wiener diversity index, Simpson diversity index, Shannon evenness index decreased and fungi number increased with the cultivation years. These results indicated that at the early year of alternating open field cultivation into greenhouse cultivation, soil ecological environment quality was high. After 6~8 years planting, deterioration of soil chemical characters such as soil

收稿日期: 2008-05-29 修回日期: 2008-09-26

^{*} 基金项目: 云南省教育厅资助项目 (A003026); “973”计划前期研究专项资助项目 (2008CB117011); 国家自然科学基金资助项目 (30860157)

作者简介: 董艳 (1975-), 女, 云南安宁人, 博士, 讲师, 主要从事土壤微生物生态、植物营养与病害控制方面的教学和科研工作。E-mail: dongyanx@yahoo.com.cn

^{**} 通讯作者 Corresponding author: 汤利 (1964-), 女, 教授, 博士生导师, 主要从事植物营养、土壤肥料研究。E-mail: tang7650@sohu.com

salt content, available N, P, K content and pH value adversely affected the soil microbial flora imbalance and resulted in microbial diversity, evenness dropping significantly, the great decline of long-term productivity of soil, and the stability and sustainability of soil quality decreasing.

Key words: cropping years; soil chemical properties; soil microbial community; soil quality

为提高土地利用率和生产率，近年来设施农业在国内外发展迅速。我国是设施农业的使用大国，设施农业所占的面积居世界第 1 位^[1]。设施农业极大地提高了农业产量，但与此同时，设施农业的高度集约化生产方式，加剧了土壤环境的恶化。由于设施种植中生产者片面追求产量，普遍存在着盲目过量施肥的现象，加之大棚特殊的建造结构，设施种植地常处于半封闭状态，在设施栽培高投入、高产出的生产模式下，随着种植年限的增加，不可避免的造成土壤理化性状的变化^[2]，使作物生长不良，导致作物减产，严重制约了设施农业的可持续发展^[3~4]。此外，连续高强度的土地利用也给土壤微生物生态环境造成不利影响^[2]。微生物区系的结构发生改变，不仅加重土传病虫害的传播，同时由于土壤微生物对于维持土壤肥力和植物营养具有重要的意义，设施农业对土壤微生物带来的影响间接给土壤生产力带来损害^[1]。近年来随着大棚蔬菜种植的飞速发

展，有关设施种植土壤障碍因子的报道日渐增多^[2,5,6]。但对引起土壤质量下降、导致设施作物减产的原因仍存在着分歧^[2]。为此，本研究选择不同种植年限的大棚进行采样，研究设施种植对土壤化学性状和微生物区系的影响，分析大棚土壤质量下降的原因，指导设施栽培的科学管理，为作物的可持续生产和设施土壤的可持续利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点和取样方法

供试土壤采自云南昆明郊区设施栽培发展迅速，种植规模大，种植时间相对较长的出口花卉和主要蔬菜生产基地呈贡县。按 S 型进行 5 点取样混合法混合成 1 个土样，取样深度为 20 cm，分别在田间和大棚采集不同种植年限的 7 种土壤样品（表 1）。土壤样品经处理后进行土壤化学性状和微生物区系的分析。

表 1 试验样品采集方法
Tab. 1 Sampling method

	土壤的种植年限/a planting years of soils						
	0	2	4	6	8	10	20
样点 sample sites	田间 field	大棚 greenhouse	大棚 greenhouse	大棚 greenhouse	大棚 greenhouse	大棚 greenhouse	大棚 greenhouse
样品数 number of sampling	4	3	4	3	9	3	11

1.2 测定项目及方法

土壤有机质、pH 值、速效 N，P，K 采用采用常规方法进行测定^[7]，盐分总量分析采用残渣烘干－质量法进行^[7]。土壤微生物数量的测定采用稀释平板法，细菌用牛肉膏蛋白胨培养基，真菌用马丁氏培养基，放线菌用高氏 1 号培养基^[8]；微生物多样性指数计算^[9]：

Shannon-Wiener 指数 (H) = $-\sum (ni/N) \ln(ni/N)$

Simpson 指数 (D) = $1 - \sum (ni/N) \ln(ni/N)$

式中， ni 为第 i 个物种的个体数； N 为群落中所有物种的个体数。

Shannon 均匀度指数 $E = H / \ln S$ (S 为群落中的总物种数)

采用 SPSS11.5 单因素程序对试验数据进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

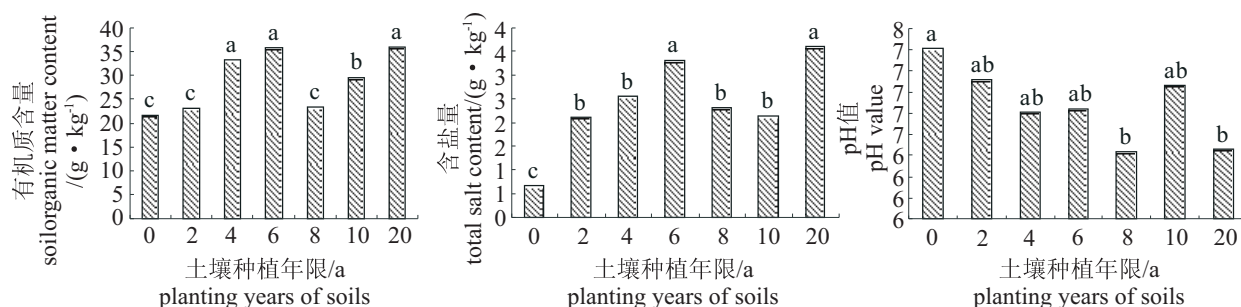
2.1 种植年限对大棚土壤化学性状的影响

由图 1 可看出，采用大棚栽培后，大棚土壤 pH 值都低于田间土壤，方差分析表明，大棚种植 8 年和 20 年的土壤 pH 值显著低于田间土壤，分别比田间土壤降低 13.17% 和 12.89%，其它种植

年限大棚土壤 pH 值与田间土壤无显著差异。随种植年限的增加,设施土壤 pH 总体呈现下降的趋势,但部分年限间 pH 又呈上升趋势,这与邓玉龙等^[10]的报道一致。大棚种植 8 年后土壤 pH 又有上升的原因可能是当种植年限过长,农户施用的碱性肥料(如石灰等)提高土壤 pH 或通过增施有机肥料,加入秸秆等方式改良土壤。

不同栽培年限的设施土壤含盐量均高于田间,大棚土壤含盐量为 2.12 ~ 3.61 g/kg,平均含量为 2.67 g/kg。且在大棚使用的 1 ~ 6 年表现出随种植年限的延长而逐渐递增的趋势,种植 6 年左右为盐分积累高峰期,之后则出现一定程度的下降,种植 20 年时含盐量回升,6 年保护地和 20 年保护地含盐量分别是田间土壤的 4.97 倍和 5.41 倍(图 1)。这与余海英等^[11]认为的施土壤连续种植到 4 年左右,其耕层的盐分含量则可达到限制作物正常生长的临界点,此后盐分含量随采取

的各种管理措施而有所降低的观点相符。设施栽培长期处于高集约化、高复种指数的生产状态下,化肥和有机肥的年投入量远远高于田间栽培,并超过了作物的实际需要量,从而使得一些未被作物吸收利用的养分及肥料的副成分大量残留于土壤中,成为土壤盐分离子的主要来源,同时大棚薄膜的覆盖不仅阻挡了降水对土壤盐分的自然淋洗,而且提高了棚内和土壤的温度,增加了土壤水分的蒸发,进一步加剧了盐分在土壤表层的累积,从而造成盐分在设施生产初期呈逐年累积趋势,当盐分含量累积到限制作物正常生长的临界浓度时,种植户便会在生产上减少投入并采取一些相应的措施来减少损失,如揭棚、翻耕甚至闲置不用等,待土壤条件有所改善后再继续加大投入,从而使盐分又有所累积,最终导致土壤环境质量不断恶化,作物的产量及品质随着种植年限的延长而降低,严重影响到设施土壤的可持续利用。



注:不同字母表示种植年限间差异显著($P < 0.05$),下同。

Note: Different letters meant significant difference among different planting age years at 0.05 level, the same of as fig.2 below.

图 1 不同种植年限大棚土壤有机质、含盐量和 pH 的变化

Fig. 1 Changes of organic matter content, total salt content and pH value in greenhouse soil with different planting age years

大棚土壤有机质含量为 23.10 ~ 36.00 g/kg,平均含量为 30.19 g/kg,大棚土壤有机质含量平均比露天菜地增加了 39.35% (图 1)。其中种植 4 年和 6 年的大棚土壤有机质含量显著高于田间土壤,分别比田间土壤提高 53.2% 和 65.5%。随着种植年限的增加,大棚土壤有机质呈先上升后下降再上升的趋势,这种变化和熊汉琴等^[12]的报道相一致,而与褚素贞等^[13]认为的随设施种植年限的延长土壤有机质含量持续增加的观点有所差异。种植 1 ~ 6 年土壤有机质含量随种植年限的增加而增加,可能与大棚种植连年增施有机肥和化学肥料有关。随大棚种植年限的增加,由于有机肥和化学肥料的施用为微生物的增殖提供了大

量的能源和碳源,加之棚内温度高,有利于微生物的增殖及其对土壤有机质的分解,使大棚土壤在种植 6 年后有机质含量下降,种植 10 年以上的设施土壤出现各种障碍问题,农户通过增施有机肥、秸秆还田等措施对设施土壤进行改良,土壤结构有所改变,使大棚土壤有机质含量有回升现象。

由图 2 可看出,由田间栽培改为大棚栽培后,土壤中碱解氮含量显著提高,且随种植年限的增加而逐年增加。不同种植年限大棚土壤的碱解氮比田间土壤增加 33.63% ~ 84.08%,大棚土壤碱解氮含量为 206.37 ~ 284.27 mg/kg,处于丰富水平,说明在设施栽培养分管理上,农户大量施用

氮肥仍然是不可忽视的问题,这不仅造成肥料的浪费,还会对作物生长产生不良的影响,还会对地下水造成污染。设施栽培也显著提高了土壤速效钾含量,大棚土壤速效钾含量为 159.80 ~ 492.68 mg/kg,不同种植年限大棚土壤速效钾是田间土壤的 1.30 ~ 4.00 倍,高于国内学者提出的 150 ~ 250 mg/kg 的标准^[14],反映出近年来钾肥的施用越来越受到人们的重视。

大棚土壤速效磷的含量为 148.52 ~ 306.07 mg/kg,平均为 201.38 mg/kg,比田间土壤增加 45.73%,超出鲁如坤提出的蔬菜需磷量一般在 60

~ 90 mg/kg 的标准^[15],可见,大棚土壤速效磷含量较丰富,但与田间土壤差异不显著(图2)。由于磷肥施入土壤后,大部分转化为固定态磷,而蔬菜对磷吸收较少等原因容易造成磷的富集,土壤中磷元素含量过高,将影响植物对锌、铁、镁等营养元素的吸收,使植株生长发育受到抑制,引起早衰;磷肥施入土壤后,土壤溶液中的磷酸根离子随灌溉水下渗,造成地下水污染;此外磷肥中多含有镉、铅、砷等重金属元素,过量施用也导致这些元素超标,因此,种植多年的大棚应严格控制磷肥的施用量。

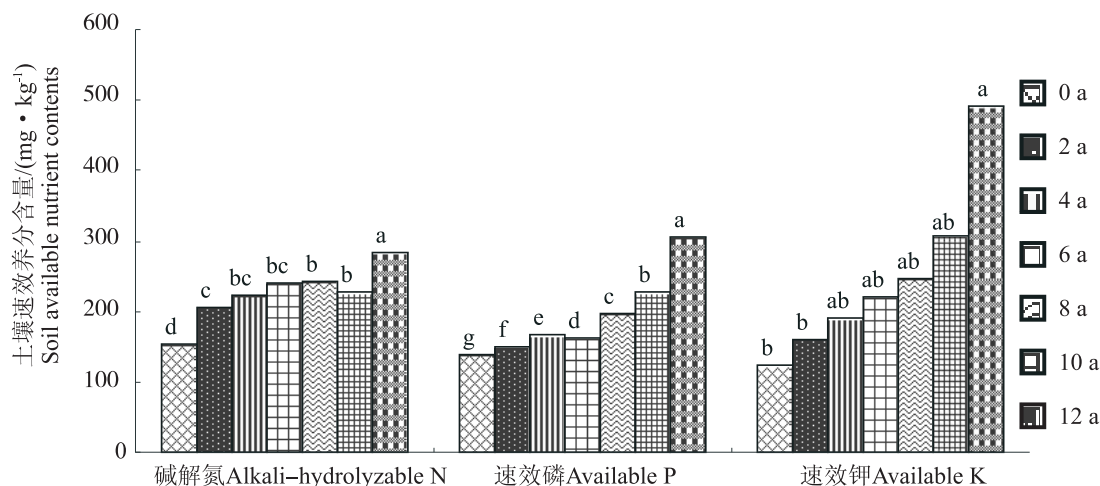


图2 不同种植年限土壤速效养分的变化

Fig. 2 Changes of available nutrient contents in the soils of different planting age years

2.2 种植年限对大棚土壤微生物区系和多样性的影响

从表1可看出,由田间栽培改为设施栽培以后,微生物数量显著增加,设施土壤细菌数量是田间土壤的 2.65 倍,真菌数量是田间土壤的 3.18 倍,放线菌数量是田间土壤的 1.07 倍,微生物总数是田间土壤的 2.44 倍,以真菌数量的增加幅度最大,说明设施栽培对土壤真菌数量影响大于对其它微生物数量的影响,与李刚等^[16]的研究结果相同。随着大棚种植年限的增加,细菌、放线菌数量和微生物总数都呈现先增加后降低的趋势,采用保护地栽培后 2 年细菌数量和微生物总数比田间有所增加,但与田间土壤差异不显著。种植 8 年时土壤细菌数量和微生物总数达到最高值,是田间土壤的 5.02 倍和 4.54 倍,放线菌数量在种植 4 年时达到最高值,是田间土壤的 2.26 倍,种植 20 年时土壤细菌、放线菌数量和微生物总数急剧

降低,细菌数量和微生物总数比 8 年时分别降低 75.51% 和 75.83%,放线菌数量比 4 年时降低 91.08%。细菌、放线菌数量和微生物总数在田间土壤和设施土壤及设施不同种植年限间的差异说明设施种植 4 年以后,土壤水分、空气及温度状况得到改善,同时土壤有机质含量增加,为土壤微生物的繁殖创造了非常有利的条件,而保护地多年大量施肥造成土壤养分大量累积,又会影响微生物区系的数量和结构,使微生物数量下降,反映了细菌和放线菌的增殖受养分变化的影响程度较大。

真菌数量则是随种植年限的增加而增加,种植 4 年时土壤真菌数量没有显著变化,而种植 6 年以后真菌数量显著增加,种植 20 年时数量最多,为田间土壤的 4.49 倍,说明真菌可能受养分的影响较小,可能与根系分泌物、种植年限等有关,真菌的增加对引起蔬菜障碍有很大的影响,因为一些土传病害一般都属于真菌,这种变化与

马云华等^[17]的报道一致。设施种植年限对土壤中细菌和真菌的比值 (B/F) 也有一定的影响, 随种植年限增加, B/F 比值先增加后降低, 种植 8

年时设施土壤 B/F 比值最高, 种植 10 年和 20 年的设施土壤 B/F 比值显著低于田间土壤, 说明 B/F 比值能很好的反映土壤质量的变化。

表 1 不同种植年限大棚土壤微生物区系和多样性的变化

Tab. 1 Change of soil microbe community and diversity in greenhouse soil with different planting years

土壤种植 年限/a planting years of soil	样品数 sample number	细菌/ ($\times 10^6$ CFU $\cdot g^{-1}$) bacteria	真菌/ ($\times 10^4$ CFU $\cdot g^{-1}$) fungi	放线菌/ ($\times 10^5$ CFU $\cdot g^{-1}$) actinomycetes	微生物总数/ ($\times 10^6$ CFU $\cdot g^{-1}$) total microbe amount	B/F 比值 /($\times 10^2$) B/F ratio	Shannon- Wiener 指数	Simpson 指数	Shannon 均匀度 指数
0	4	30.36 e	7.81 e	48.19 d	35.26 d	3.98 b	0.414 a	0.377 a	0.240 a
2	3	36.35 e	10.61 ce	65.04 c	42.96 d	3.69 bc	0.443 a	0.403 a	0.262 a
4	4	63.37 c	12.97 ce	108.76 a	74.38 c	4.94 b	0.429 a	0.390 a	0.253 a
6	3	91.57 b	15.13 c	77.22 b	99.44 b	6.50 a	0.285 b	0.259 b	0.147 b
8	9	152.55 a	23.06 b	71.98 bc	159.98 a	6.79 a	0.196 c	0.179 c	0.090 c
10	3	79.58 bc	32.42 a	31.05 e	83.01 bc	2.47 cd	0.185 c	0.169 c	0.080 c
20	11	37.35 e	35.05 a	9.70 f	38.67 d	1.09 d	0.172 c	0.157 c	0.069 c

从表 1 可看出, 与田间土壤相比, 设施土壤 Shannon-Wiener 指数, Simpson 指数和 Shannon 均匀度指数降低 40.66% ~ 49.06%。Shannon-Wiener 指数, Simpson 指数和 Shannon 均匀度指数随种植年限增加而降低, 种植 2 年和 4 年的设施土壤与田间土壤多样性与均匀度无显著差异, 但种植 6 年、8 年、10 年和 20 年的设施土壤微生物与多样性均匀度指数都显著低于田间, 种植 20 年时, 设施土壤 Shannon-Wiener 指数, Simpson 指数和 Shannon 均匀度指数分别比田间降低 58.41% ~ 71.48%, 说明种植 6 年以后土壤的健康状况明显下降, 种植年限越长, 健康程度越差。

3 讨论

3.1 设施种植年限对土壤化学性状的影响

设施栽培中大量施肥问题在我国非常普遍, 据报道, 许多蔬菜主产区都因大量使用氮磷化肥而导致土壤养分大量累积^[15], 盐分增加, 产生次生盐渍化^[11]; 在盐分增加的同时, 还出现土壤酸化, pH 降低^[10], 本研究结果也证明了这一点。

3.2 设施种植年限对土壤微生物区系的影响

设施土壤是一个人为干扰作用强、相对密闭的独特环境。土壤利用方式、土壤肥力以及土壤环境状况对土壤微生物生长发育有较大影响^[18]。许多学者研究了不同种植年限设施土壤微生物的变化, 有微生物数量随种植年限增加而持续增

加^[19]和先增加后降低^[17]两种结论。出现不同结论的原因可能与很多因素有关, 如采样时间、采样深度、采样点肥力水平差异等, 因为不同采样时间和不同采样点, 土壤的理化性状、土壤温湿度、土壤 pH 值、土壤有机质含量、土壤肥力水平等特性的差异等都在一定程度上对土壤微生物产生较大影响^[2], 但更重要的一个原因可能是与所采样品的最高种植年限有关, 最高种植年限不同, 土壤理化性状的变化也不同, 土壤的结构、通气性、水分状况、养分状况等对土壤微生物均有重要影响。杜连凤等^[2]的研究表明蔬菜保护地中由于农民盲目大量施肥, 以及薄膜覆盖等原因导致保护地土壤表层养分、盐分含量大量累积, 并且随着种植年限的增加这种趋势增大, 种植 10 年的蔬菜保护地由于多年大量施肥, 抑制了细菌和放线菌的繁殖。本研究中, 种植 8 年后土壤细菌和微生物总数显著降低, 这也从另一个方面反映出了随着设施种植年限的延长, 土壤养分累积现象严重, 但本研究中放线菌数量在种植 4 年后就已经发生显著降低, 说明放线菌比细菌对土壤养分变化和通气状况更为敏感, 梁咏等^[20]的报道也证明了日光温室土壤通气状况的变化是造成放线菌数量减少的主要原因。

B/F 比值是土壤微生物区系结构的一个重要的特征指标^[1]。有资料表明, 随设施种植年限的增加, 真菌数量增加而 B/F 比值减小, 且不利于

作物的生长,是大棚土壤土传病害增加的可能原因之一^[18]。本研究结果表明,真菌数量随着种植年限的延长呈持续增加的趋势,且种植6年以后的土壤真菌数量显著高于田间土壤和低龄设施土壤。这种细菌、放线菌数量减少而真菌数量增加的现象在黄瓜连作土壤中有过相同的报道^[17]。尹睿等^[21]认为土壤酸化是导致田间蔬菜和大棚蔬菜细菌数量减少和真菌数量增多的主要原因。本研究中种植2年和8年大棚土壤pH分别比田间降低3.91%和13.17%,说明低龄设施土壤酸化不明显,但高龄设施土壤酸化严重,证实了设施土壤酸化与真菌数量变化有密切的关系。张国红等^[19]研究表明随日光温室使用年限的增加,B/F比值逐渐增加;费颖恒等^[1]的研究表明B/F比值高说明土壤的环境质量依然较高,腐熟程度高。本研究中,随种植年限增加,B/F比值先增加后降低,种植8年时设施土壤B/F比值最高,种植10年和20年的设施土壤B/F比值显著低于田间土壤,这充分说明B/F比值确实与土壤质量有密切的关系,如果能够得出一个合理的比值范围,对改善土壤质量,克服连作障碍将具有积极意义,值得进一步研究。

土壤微生物群落结构和组成的多样性与均匀性的是衡量生态系统稳定和健康的的一个重要指标^[22]。王珊等^[23]研究表明种植4年的设施土壤,Shannon多样性指数、Shannon均匀度指数和Simpson指数外其余均有所上升,是田间土壤的1.13~1.18倍。本研究结果表明种植2年和4年的低龄设施土壤多样性和均匀度略高于田间,但差异不显著,说明由田间栽培改为设施栽培初期,由于水热条件的改善和养分供应量的增加,使土壤微生物多样性和均匀度比田间土壤有所增加。本研究中随种植年限的增加,微生物多样性指数和均匀度指数在逐渐下降,尤其是种植6年以后,多样性指数和均匀度指数显著降低,这反映出随设施种植年限的延长,土壤酸化、盐渍化现象日趋严重,使微生物区系失调,导致微生物多样性和均匀度显著降低,土壤生态系统稳定性下降,抗干扰能力降低,是设施土壤障碍加重的可能原因之一。本研究结果还表明种植8年以内的设施土壤微生物总数却随种植年限的延长而增加,与尹睿等^[21]关于田间蔬菜的利用方式对土壤微生物群落结构的影响不大,而大棚蔬菜的利用方式却会对土

壤微生物群落结构产生深刻影响的结论相似。研究结果反映出土壤微生物总数的变化与多样性指数的变化不一致,说明微生物多样性指数比微生物总数对土壤环境的变化更敏感,更能反映出土壤环境的微小变化。从本研究结果看,随着大棚种植年限的延长,土壤含盐量、pH值,速效磷、速效钾、碱解氮和有机质含量以及微生物区系均发生了很大的变化,有可能是引起土壤质量下降的重要因素。

[参考文献]

- [1] 费颖恒,黄艺,严昌荣,等. 大棚种植对农业土壤环境的胁迫[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(1): 243-247.
- [2] 杜连凤,张维理,武淑霞,等. 长江三角洲地区不同种植年限保护菜地土壤质量初探[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(1): 133-137.
- [3] 申卫收,林先贵,张华勇,等. 不同栽培条件下蔬菜塑料大棚土壤尖孢镰刀菌数量的变化[J]. 土壤学报, 2008, 45(1): 137-142.
- [4] HATI KM, SWARUP A, SINGH D, et al. Long-term continuous cropping, fertilization and manuring effects on physical properties and organic carbon content of a sandy loam soil[J]. Australian Journal of Soil Research, 2006, 44(5): 487-495.
- [5] 陈慧,郝慧荣,熊君,等. 地黄连作对根际微生物区系及土壤酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2007, 18(12): 2755-2759.
- [6] 吴凤芝,王学征. 设施黄瓜连作和轮作中土壤微生物群落多样性的变化及其与产量品质的关系[J]. 中国农业科学, 2007, 40(10): 2274-2280.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 30-187.
- [8] 许光辉,郑洪云. 土壤微生物分析方法手册[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 102-110.
- [9] 姚槐应,黄昌勇. 土壤微生物生态学及其试验技术[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 135-136.
- [10] 邓玉龙,张乃明. 设施土壤pH值与有机质演变特征研究[J]. 生态环境, 2006, 15(2): 367-370.
- [11] 余海英,李廷轩,周健民. 设施土壤盐分的累积、迁移及离子组成变化特征[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(4): 642-650.
- [12] 熊汉琴,王朝辉,宰松梅. 种植年限对蔬菜大棚土壤肥力的影响[J]. 水土保持研究, 2007, 14(3): 137-139.
- [13] 褚素贞,张乃明,毛昆明,等. 昆明地区设施土壤养分变化规律研究[J]. 云南农业大学学报(自然

- 科学版), 2005, 20 (3): 366-387.
- [14] 周博, 陈竹君, 周建斌. 水肥调控对日光温室番茄产量、品质及土壤养分含量的影响 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2006, 34 (4): 58-62.
- [15] 杜新民, 吴忠红, 张永清, 等. 不同种植年限日光温室土壤盐分和养分变化研究 [J]. 水土保持学报, 2007, 21 (2): 78-80.
- [16] 李刚, 文景芝, 吴凤芝, 等. 连作条件下设施黄瓜根际微生物种群结构及数量消长 [J]. 东北农业大学学报, 2006, 37 (4): 444-448.
- [17] 马云华, 魏珉, 王秀峰. 日光温室连作黄瓜根区微生物区系及酶活性的变化 [J]. 应用生态学报, 2004, 15 (6): 1005-1008.
- [18] 范君华, 刘明, 黄伟. 南疆温室和菜地土壤微生物学特性比较 [J]. 土壤肥料, 2003, (1): 31-33.
- [19] 张国红, 任华中, 高丽红, 等. 京郊日光温室土壤微生物状况和酶活性 [J]. 中国农业科学, 2005, 38 (7): 1447-1452.
- [20] 唐咏, 梁成华, 刘志恒, 等. 日光温室蔬菜栽培对土壤微生物和酶活性的影响 [J]. 沈阳农业大学学报 (自然科学版), 1999, 30 (1): 16-19.
- [21] 尹睿, 张华勇, 黄锦法, 等. 保护地菜田与稻麦轮作田土壤微生物学特征的比较 [J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10 (1): 57-62.
- [22] CELINE J, FRANCOIS V, CLAUDE A, et al.. Soil health through soil disease suppression: Which strategy from descriptors to indicators [J]. Soil Biology & Biochemistry, 2007, 39: 1-23.
- [23] 王珊, 李廷轩, 张锡洲, 等. 设施土壤微生物学特性变化研究 [J]. 水土保持学报, 2006, 20 (5): 82-86.

(上接第 393 页)

- [2] ROTHSCHILD M F, JACOBSON C, VASKE D A, et al.. The estrogen receptor locus is associated with a major gene influencing litter size in pigs [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States America, 1996, 93: 201-205.
- [3] SHORT T H, ROTHSCHILD M F, SOUTHWOOD O I, et al.. Effect of the estrogen receptor locus on reproduction traits in four commercial pig lines [J]. Journal of Animal Science, 1997, 75: 3138-3142.
- [4] LI N, ZHAO Y F, XIAO L, ZHANG F J, et al.. Candidate gene analysis for identification of genetic loci controlling litter size in swine [C] //Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Armidale, Australia, 1998, 26: 183-188.
- [5] 赵要风, 李宁, 肖璐, 等. 猪 FSH β 亚基基因结构区逆转座子插入突变及其与猪产仔数关系的研究 [J]. 中国科学 (C 辑), 1999, 29 (1): 81-86.
- [6] LINVILLE R C, POMP D, JOHNSON R K, et al.. Candidate gene analysis for loci affecting litter size and ovulation rate in swine [J]. Journal of Animal Science, 2001, 79: 60-67.
- [7] SAMBROOK J, FRITSCH E F, MANIATIS T. Molecular cloning (2nd edn) [M]. New York: Cold Spring Harbor Laboratory, 1989.
- [8] 鲁绍雄, 连林生. SAS 统计分析系统在畜牧科学中的应用 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2003: 40-92.
- [9] 陈克飞, 黄路生, 李宁, 等. 猪雌激素受体 (ESR) 基因对产仔数性状的影响 [J]. 遗传学报, 2000, 27 (10): 853-857.
- [10] 范首君, 王金勇, 谷山林, 等. 荣昌猪 ESR 和 FSH- β 基因多态性研究 [C] //中国动物遗传育种研究. 北京: 中国农业科技出版社, 2001: 115-117.
- [11] SANTANA B A A, BIASE F H, ANTUNES R C, et al.. Association of the estrogen receptor gene Pvu II restriction polymorphism with expected progeny differences for reproductive and performance traits in swine herds in Brazil [J]. Genetics and Molecular Biology, 2006, 29 (2): 273-277.
- [12] PROGEMULLER C, HAMANN H, DISTL O. Candidate gene markers for litter size in German pig lines [J]. Journal of Animal Science, 2001, 79: 2566-2570.