

# 大棚草莓连作对土壤微生物区系和土壤养分含量的影响

高亚娟<sup>1</sup>, 王永和<sup>2</sup>, 杜岩<sup>1</sup>, 盛海君<sup>1</sup>, 李建龙<sup>2</sup>, 钱晓晴<sup>1</sup>

(1. 扬州大学 环境科学与工程学院, 江苏 扬州 225009; 2. 盐城生物工程高等职业技术学校, 江苏 盐城 224051)

**摘要:**为进一步明确草莓大棚连作障碍形成的原因, 研究分析了大棚草莓连作对土壤微生物区系、水溶性盐分含量、土壤养分含量的影响。结果表明: 草莓连作后, 土壤酸度发生明显变化, 其 pH 在 5.8~6.1 之间, 已达到明显酸化的水平; 土壤中的真菌数量高于背景田块数量的 7~8 倍, 土壤中微生物环境严重恶化; 土壤中的盐分含量也有一定程度的增加, 尤其是  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  的含量增加明显; 土壤中养分含量并没有随着连作而减少或者缺失, 相反, 由于化肥肥料的施用, 一些养分还呈增加趋势。

**关键词:**草莓; 连作障碍; 土壤微生物; 土壤养分

**中图分类号:**S 344.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)21-0056-03

20 世纪 90 年代以后, 我国兴起了大棚草莓的栽培, 随着草莓种植年限的增加, 连作障碍问题日益突出, 给草莓生产带来巨大损失<sup>[1]</sup>。目前研究草莓连作障碍形成的原因主要有土壤酸化<sup>[2]</sup>、土壤次生盐渍化<sup>[3]</sup>、根系自毒物质分泌<sup>[4]</sup>、土壤微生物环境恶化<sup>[5]</sup>等几方面。现研究了大棚草莓连作障碍对土壤微生物种群、土壤主要养分含量和盐分含量的影响, 旨在进一步明确大棚草莓连作障碍形成的原因, 以期防治和减轻草莓连作障碍提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

2012 年 4 月下旬, 供试土壤为盐城市张庄草莓合作社连作 2~4 a 草莓的大棚土壤, 采用多点取样法, 采集 0~20 cm 土层的土样, 混匀后装入无菌自封袋内, 带回实验室备用; 背景田土壤来自张庄小麦、油菜的露天种植田。

### 1.2 试验方法

土壤微生物种群采用稀释平板法测定; 细菌采用牛肉膏蛋白胨培养基混菌法培养; 真菌采用马丁氏培养基混菌法培养; 放线菌采用“高氏一号”培养基表面涂布法

培养<sup>[6]</sup>; 3 类微生物分别在 24、36、48 h 后观察计数, 计算出每克干土的含菌数。每克土壤含菌数 = [菌落平均数 × 稀释倍数] / [接种量毫升数 × (1 - 含水量)]。

### 1.3 项目测定

1.3.1 土壤中水溶性盐分含量的测定 土壤酸碱度采用 pH 计进行测定; 水溶性  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  含量测定采用蒸馏水浸提-火焰光度法; 水溶性  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  含量测定采用蒸馏水浸提-原子吸收分光光度法;  $\text{NO}_3^-$  含量测定采用 2 mol/L 的 KCl 浸提-紫外分光光度法;  $\text{HCO}_3^-$  含量测定采用双指示剂-中和滴定法;  $\text{Cl}^-$  含量测定采用  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  为指示剂-硝酸银滴定法(莫尔法)<sup>[7]</sup>;  $\text{SO}_4^{2-}$  含量测定采用铬酸钡间接原子吸收法<sup>[8]</sup>。

1.3.2 土壤中养分含量的测定 速效磷的测定采用 0.5 mol/L  $\text{NaHCO}_3$  浸提-钼蓝比色法; 有效性钾钠的测定采用 1.0 mol/L  $\text{NH}_4\text{OAc}$  浸提-火焰光度法; 有机质的测定采用重铬酸钾容量法-外加热法; 有效性钙镁的测定采用 1.0 mol/L  $\text{NH}_4\text{OAc}$  浸提-原子吸收分光光度法; 铵态氮的测定采用 2 mol/L 的 KCl 浸提-靛酚蓝比色法; 硝态氮的测定采用 2 mol/L 的 KCl 浸提-紫外分光光度计法; 有效性铁锰铜锌的测定采用 DTPA 浸提-原子吸收分光光度法<sup>[9]</sup>。

### 1.4 数据分析

所有试验数据均采用 Excel 2003 软件和 SPSS 18.0 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 大棚草莓连作对土壤微生物种群的影响

从表 1 可以看出, 大棚草莓连作后, 土壤中真菌、细菌

**第一作者简介:**高亚娟(1987-), 女, 硕士研究生, 研究方向为有机固体废物资源化利用。E-mail: gaoyajuan87@sina.com.

**责任作者:**钱晓晴(1962-), 男, 博士, 教授, 现主要从事植物营养和有机固体废物资源化利用等研究工作。E-mail: qianxiaoping@163.com.

**基金项目:**江苏省科技支撑计划(社会发展)资助项目(BE2011730)。

**收稿日期:**2013-06-24

和放线菌数量显著增加。真菌数量约是背景田的 7~8 倍,细菌数量约是背景田的 1.5~1.6 倍,放线菌数量约是背景田的 2 倍,其中连作前后土壤中真菌的增加幅度最大。

表 1 大棚草莓连作对土壤中微生物数量的影响

Table 1 Effect of strawberry in continuous cropping in plastic house on soil microbial content cfu/g

土样	细菌数量 $\times 10^6$	真菌数量 $\times 10^6$	放线菌数量 $\times 10^6$
背景田	12.147 $\pm$ 2.6884a	1.053 $\pm$ 0.0702a	14.867 $\pm$ 2.6789a
东 2 棚	17.947 $\pm$ 0.4266b	7.637 $\pm$ 1.4955b	30.380 $\pm$ 2.1611b
东 5 棚	17.887 $\pm$ 0.5862b	8.090 $\pm$ 2.2695b	28.557 $\pm$ 6.1693b
东 7 棚	19.623 $\pm$ 1.0414b	7.900 $\pm$ 1.7703b	29.027 $\pm$ 1.9666b

注:不同字母间代表  $P<0.05$  差异显著性。

Note: The different letters indicated significance at  $P<0.05$ .

## 2.2 大棚草莓连作对土壤盐分含量的影响

由表 2、3 可以看出,大棚草莓连作土壤的 pH 在 6.0 左右,已经达到明显酸化的水平;阳离子中,水溶态  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$  的浓度均高于背景田的值,其中  $K^+$  的增幅约为背景田的 3~4 倍, $Ca^{2+}$  的增加幅度为背景田的 2.5~3 倍, $Na^+$  的增加幅度不大,而  $Mg^{2+}$  的浓度则与背景田值相似;阴离子中, $HCO_3^-$  的浓度略高于背景田,约为背景田的 1.5~2.3 倍, $Cl^-$  浓度与背景田相似,而  $NO_3^-$  的浓度则显著高于背景田的浓度,连作障碍土是背景田的 6~8 倍,其占总盐分值的 20%~30%,这与张瑞明等<sup>[10]</sup>的研究结果相同;连作土壤中的盐分值显著高于背景田的值,约为背景田的 3~3.5 倍,这主要是由于  $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $K^+$ 、 $Ca^{2+}$  等离子的积累造成的。

表 2 大棚草莓连作对土壤中水溶性盐分离子含量的影响

Table 2 Effect of strawberry continuous cropping in plastic house on content of water soluble salt ions mg/kg

土样	$K^+$	$Na^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$HCO_3^-$	$NO_3^-$	$Cl^-$	$SO_4^{2-}$
背景田	25	100	56.1	51.5	56.44	57.62	67.48	49.60
东 2 棚	100	150	186.9	63.3	67.87	458.49	59.98	369.79
东 5 棚	75	155	126.3	56.9	107.17	213.46	89.97	324.85
东 7 棚	82.5	157.5	136.9	50.2	120.03	349.46	47.48	296.06

表 3 大棚草莓连作对土壤中 EC、pH 和离子总和含量的影响

Table 3 Effect of strawberry continuous cropping in plastic house on the content of soil EC, pH value and total ion

土样	EC/ $\mu S \cdot cm^{-1}$	pH	离子之和/ $mg \cdot kg^{-1}$
背景田	77.2	7.70	463.72
东 2 棚	380	5.84	1 456.41
东 5 棚	259	5.92	1 148.56
东 7 棚	290	6.09	1 239.67

## 2.3 大棚草莓连作对土壤营养物质的影响

由表 4、5 可知,大棚草莓连作后土壤速效磷、 $NO_3^-$ -N、有效性钾的含量均显著高于背景田的值,且大约是背景田的 4~5 倍;有效性铁、锰、锌的含量略高于背景田,大约是背景田的 1.3~3 倍; $NH_4$ -N、有效性  $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$  的含量则与背景田基本相似。

表 4 大棚草莓连作对土壤中养分含量的影响

Table 4 Effect of strawberry continuous cropping in plastic house on soil nutrient content

土样	有机质含量 / $g \cdot kg^{-1}$	$NH_4$ -N 含量 / $mg \cdot kg^{-1}$	$NO_3$ -N 含量 / $mg \cdot kg^{-1}$	速效磷含量 / $mg \cdot kg^{-1}$	有效性钾含量 / $mg \cdot kg^{-1}$
背景田	20.25	8.50	13.01	36.19	115
东 2 棚	20.76	12.39	103.53	160.63	685
东 5 棚	21.31	7.84	48.20	173.47	495
东 7 棚	18.89	12.11	78.82	125.08	590

表 5 土壤中其它有效养分含量

Table 5 Other effective nutrient content in the soil

土样	有效性成分含量/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$						
	$\text{Na}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	Fe	Mn	Cu	Zn
背景田	200	1 519.58	787.0	72.58	35.60	3.31	1.28
东 2 棚	190	1 467.20	801.7	103.72	85.99	2.93	4.10
东 5 棚	200	1 532.35	755.2	130.92	50.94	3.35	4.63
东 7 棚	165	1 393.95	718.8	106.24	70.70	2.74	3.21

## 3 结论与讨论

大棚内的温度高于外部大田,环境更适于微生物生长,微生物的数量相应的增加是正常的。该试验结果表明,细菌和放线菌的数量高出背景田 2~3 倍,而真菌数量则高出背景田 7~8 倍,真菌数量增加异常显著,而真菌又是病原菌的集中体现。因此病原菌数量增加是导致草莓连作障碍的主要原因。

葛会波等<sup>[11]</sup>研究表明草莓连作障碍是由多种病原菌综合性土传根病害引起的;高志华等<sup>[12]</sup>认为目前引起连作障碍的主要原因是由多种病原菌引起的综合性土传根病,包括根腐病、萎凋病和黄萎病等。杨美悦等<sup>[13]</sup>对草莓病株上分离出的频率最高的真菌,从其菌落生长速度、培养性状、色泽、菌丝形态、产孢类型、分生孢子的形态等鉴定为尖孢镰刀菌。真菌种类以地霉属(*Geotrichum*)为优势菌属;放线菌种类以链霉菌属(*Streptomyces*)为优势属;细菌种类中,幼果期的固氮菌属(*Azotobacter*)为优势菌属<sup>[14]</sup>。

草莓连作土壤中的  $K^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$  显著增加,其它离子也有相应增加,但是增加幅度不大。在草莓的生长中需要大量的  $K^+$ ,因此  $K^+$  的增加主要是因为钾肥的使用造成的。而  $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$  的增加则表现为一定的盐害问题,一方面是由于大棚中施加了大量的氮肥<sup>[15]</sup>,造成  $NO_3^-$  的积累;另一方面是由于盐渍化的积累,保护地温度高于露地,蒸发强度大,造成盐分向地表移动。草莓是  $Cl^-$  的一个吸收器,能够承受较大的  $Cl^-$  的含量,所以会出现连作障碍土中含量小于背景田的情况<sup>[16]</sup>。硝酸根是温室大棚土壤盐渍化过程中增加最多的成分<sup>[17]</sup>,是造成土壤盐渍化的主要因素。

根据江苏省滨海盐土划分标准,盐分含量大于 1.0 g/kg 的土壤为轻盐土;大于 2.0 g/kg 的土壤为中盐土<sup>[18]</sup>。草莓大棚中的盐分值高于普通大田,主要原因是

在草莓种植的过程中使用了较多的化肥,致使多种离子的积累<sup>[19]</sup>。从总盐的数值来看,连作障碍土属于轻盐土,因此盐分值偏高是造成草莓连作障碍的原因之一,尤其是硝酸盐含量的增加。

该试验结果表明,大棚连作土壤 pH 处于 6.0 水平,呈明显酸性状态。土壤酸化后会有一部分元素变成离子态,进而使盐分的含量相对增加<sup>[20]</sup>,造成连作障碍。因此,土壤酸化也是草莓连作障碍形成的主要原因之一。

该试验结果还表明,大棚中的养分含量整体高于露地,但是元素间不等量的增加有可能会破坏土壤中养分的平衡,这主要是由于不合理的施用化学肥料引起的。被测土壤中微量元素锰的含量较高,这主要是由于盲目施用含有微量元素的肥料<sup>[21]</sup>。姜超英等<sup>[22]</sup>认为在施肥、栽培等管理措施一致的情况下,连作胁迫引起的土壤 pH 值降低是导致土壤有效铜降低、土壤有效锌、锰、铁、铜增加的一个重要原因。因此,土壤养分含量的变化是造成草莓连作障碍的可能原因之一。

#### 参考文献

- [1] 史宝胜,郭润芳,尹家凤,等. 3 种防治剂对重茬大棚草莓生长的影响[J]. 农业环境科学学报,2005(S1):38-41.
- [2] 赵凤艳,吴凤芝,刘德,等. 大棚菜地土壤理化特性的研究[J]. 土壤肥料,2000(2):11-13.
- [3] Barrosoa M C, Alvarez C E. Toxicity symptoms and tolerance of strawberry to salinity in the irrigation water[J]. Scientia Horticulturae, 1997, 71 (3-4):177-188.
- [4] 张晓玲,潘振刚,周晓峰,等. 自毒作用与连作障碍[J]. 土壤通报, 2007(4):781-784.
- [5] 高群,孟宪志,于洪飞. 连作障碍原因分析及防治途径研究[J]. 山东农业科学,2006(3):60-63.
- [6] 邢会琴,肖占文,闫吉智,等. 玉米连作对土壤微生物和土壤主要养分的影响[J]. 草业科学,2011(10):1777-1780.

- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,1999:178-196.
- [8] 何承顺,范晖,汪军. 火焰原子吸收法间接测定土壤水溶性硫酸根的研究[J]. 土壤通报,1997(5):47-49.
- [9] 柏彦超,周雄飞,汪孙军,等. 牛粪经蚯蚓消解前后理化性质的比较研究[J]. 江西农业学报,2010(10):135-137.
- [10] 张瑞明,朱建华,高善民,等. 沪郊设施菜地连作土壤盐分积累及离子组成变化的研究[J]. 上海农业学报,2011(4):76-79.
- [11] 葛会波,高志华,李青云,等. AS818 菌剂对连作草莓影响的研究[J]. 河北科技师范学院学报,2004(2):14-18.
- [12] 高志华,葛会波,李青云,等. Mycokick 菌剂对连作草莓的影响[J]. 果树学报,2004(2):188-190.
- [13] 杨美悦,赵科刚,于艳梅,等. 大棚草莓连作障碍机理控制试验及根部病原菌鉴定研究[J]. 陕西农业科学,2012(1):65-68.
- [14] 甄志先,尹家凤,史宝胜,等. 大棚草莓重茬栽培土壤根际菌物和线虫数量变化的研究[J]. 河北林果研究,2005(4):48-51.
- [15] Haynes. Uptake and Assimilation of Mineral Nitrogen by Plants [M]. Academic Press,1986:303-378.
- [16] Saied A S, Keutgen A J, Noga G. The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs. 'Elsanta' and 'Korona'[J]. Scientia Horticulturae, 2005, 103(3):289-303.
- [17] 田丽萍,王祯丽,陶丽琼. 大棚蔬菜连作障碍原因与防治措施[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2000,4(2):159-162.
- [18] 陈光亚,黄洪光,汪吉东,等. 江苏宜兴地区典型菜地土壤肥力特征研究[J]. 江苏农业科学,2009(4):331-333.
- [19] Fonte S J, Vanek S J, Oyarzun P, et al. Pathways to Agroecological Intensification of Soil Fertility Management by Smallholder Farmers in the Andean Highlands[M]. Advances in Agronomy, 2012, 116:125-184.
- [20] Li S X, Wang Z H, Stewart B A. Responses of Crop Plants to Ammonium and Nitrate N[J]. Advances in Agronomy, 2013, 118:205-397.
- [21] Zhang N Q, Wang M H, Wang N. Precision agriculture-a world-wide overview[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2002, 36(2-3): 113-132.
- [22] 姜超英,潘文杰. 作物连作的土壤障碍因子综述[J]. 中国农村小康科技,2007(3):26-28.

## Effect of Strawberry Continuous Cropping on Soil Microflora and Soil Nutrients Content in Greenhouses

GAO Ya-juan<sup>1</sup>, WANG Yong-he<sup>2</sup>, DU Yan<sup>1</sup>, SHENG Hai-jun<sup>1</sup>, LI Jian-long<sup>2</sup>, QIAN Xiao-qing<sup>1</sup>

(1. Department of Environmental Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009; 2. Yancheng Biological Engineering Higher Vocational Technology School, Yancheng, Jiangsu 224051)

**Abstract:** In order to definite the causes of continuous cropping of strawberry in greenhouse, the effect of strawberry continuous cropping on soil microflora, water-soluble salt content, soil nutrient content were studied and analyzed. The results showed that soil acidity changed significantly, and the pH was between 5.8~5.9, which had reached the level of acidification; the number of fungi in the soil was 7~8 times higher than the background plots, a serious increase in the number of pathogens; the salt content in the soil had increased to some extent, especially  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  content increased significantly; soil nutrient content would not reduce or lost with continuous cropping, on the contrary, due to chemical fertilizer applied, some nutrients also showed a trend of increase.

**Key words:** strawberry; continuous cropping obstacles; soil microorganisms; soil nutrients