

# 种植及翻压绿肥对设施土壤养分及微生物区系的影响

白小军<sup>1</sup>, 冯海萍<sup>1</sup>, 张丽娟<sup>1</sup>, 曲继松<sup>1</sup>, 杨冬艳<sup>1</sup>, 郭文忠<sup>2</sup>

(1. 宁夏农林科学院, 宁夏 银川 750002; 2. 国家农业智能装备工程技术研究中心, 北京 100097)

**摘要:**采用随机区组设计,以夏季空闲地(不种绿肥)为对照(CK),研究了不同绿肥生长特性、生物量、养分特性及翻压绿肥对日光温室土壤养分含量和微生物区系的影响。结果表明:甜玉米、高丹草、苏丹草3种绿肥作物可以在日光温室夏季休闲季节较短时间(50 d)内产生较高的生物量和养分积累量;与CK相比,种植及翻压绿肥在一定程度上降低了土壤的pH值,提高了土壤速效氮、磷、钾含量,其中以禾本科的甜玉米、高丹草和苏丹草较为明显;种植及翻压绿肥改变了设施土壤微生物区系结构,增加了土壤总菌数、细菌和放线菌的数量,以及细菌数量与真菌数量比值(B/F),减少了真菌的数量和比例,改善了土壤微生态环境,其中甜玉米、高丹草、苏丹草3种绿肥作物表现更显著,对于提升土壤环境和均衡土壤微生物类群及数量有积极作用。种植及翻压绿肥还田可以作为设施土壤生产中土壤培肥的一项有效措施来实施。

**关键词:**绿肥翻压;日光温室;土壤养分;土壤微生物

**中图分类号:**S 641.226.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)23-0144-04

随着日光温室农业的快速发展和利益的驱动,生产过多的依赖化肥施用,给农业生态系统带来了严重的负面影响,农田生态环境面临沉重的压力<sup>[1]</sup>。创造一个良好的土壤环境是日光温室农业可持续发展的根本保证。绿肥是改善土壤环境的有效方式<sup>[2-5]</sup>,也是实现我国农业可持续发展的重要途径之一<sup>[6]</sup>。绿肥作为一种重要的有机肥料,在提高作物产量、培肥土壤地力、改善土壤环境及减少农业生产对化肥的依赖等方面起到了积极的作用<sup>[7]</sup>。为此,试验以夏季空闲地(不种绿肥)为对照(CK),研究了种植不同绿肥(高丹草、甜玉米、苏丹草、大豆及地豆)及翻压对日光温室土壤养分含量和微生物的响应变化,探讨在设施土壤选用绿肥植物改良土培肥土壤的可行性和生物机制,以期对设施土壤健康、可持续利用提供科学参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验在宁夏海原县高崖乡槽式日光温室内进行,东

经 105°09', 北纬 37°02', 海拔 1 336 m, 地处宁夏中部干旱带。年平均降水量为 286 mm, 且降水分布不均衡, 集中于 5—9 月, 年均蒸发量 2 180 mm, 年均气温 7.0℃, 年平均太阳总辐射量 135.44 kJ/cm<sup>2</sup>, 昼夜温差 12~16℃, 无霜期 149~171 d。

### 1.2 试验方法

试验于 2012 年 6 月至 2013 年 1 月在宁夏中部干旱带旱作园区槽式日光温室内进行。试验采用单因素随机区组设计<sup>[8]</sup>, 共设计 5 个处理, 分别种植及翻压绿肥作物高丹草(T1)、甜玉米(T2)、苏丹草(T3)、大豆(T4)、地豆(T5)。种植方式均采用人工条播, 小区面积为 30 m<sup>2</sup>, 3 次重复。绿肥种植期间, 不施任何肥料, 其它田间管理同常规。

土壤为典型的黏壤土。前茬为甜瓜, 其 0~20 cm 表层土壤基本理化性质为 pH 8.31, 全盐 1.32 g/kg, 有机质 4.52 g/kg, 碱解氮 36.0 mg/kg, 速效磷 7.8 mg/kg, 速效钾 190.0 mg/kg, 田间持水量 23.51%。碱解氮肥力为偏低的 5 级水平<sup>[9]</sup> (30~60 mg/kg), 有机质为极缺的 6 级水平 (<0.60%), 速效磷为中等偏低的 4 级水平<sup>[9]</sup> (5~10 mg/kg), 速效钾为极丰富的 1 级水平<sup>[9]</sup> (>160 mg/kg), 表明所供试的土壤养分贫瘠、偏碱性, 有机质含量少, 为低产田土壤。

### 1.3 项目测定

采用稀释平板计数法统计微生物数量。细菌用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基, 真菌用马丁·孟加拉红培养基, 放线菌用改良高氏一号培养基。将涂好平板的培养

**第一作者简介:**白小军(1972-), 男, 宁夏固原人, 硕士, 副研究员, 现主要从事植物保护等研究工作。E-mail: nxnkybxj@163.com.

**责任作者:**曲继松(1980-), 男, 吉林长春人, 硕士, 副研究员, 现主要从事设施蔬菜栽培生理和设施园艺工程技术等研究工作。E-mail: qujs119@126.com.

**基金项目:**宁夏回族自治区宁陕合作资助项目(2012ZYH110); 宁夏重大科技攻关计划资助项目(2011ZDN04); 国家星火计划重大资助项目(2011GA880001)。

**收稿日期:**2014-09-04

皿放入 28℃ 的恒温培养箱中,细菌培养 2~3 d,真菌培养 5~7 d,放线菌培养 7~10 d,3 次重复<sup>[10]</sup>。

pH 值采用 SH-3 精密酸度计测定,全盐采用 DDS-1 电导率仪测定,有机质含量采用重铬酸钾容量法外加热法测定,碱解氮含量采用碱解扩散法测定,速效磷含量采用 NaHCO<sub>3</sub> 浸提-铝锑抗吸光光度法测定,速效钾含量采用 NH<sub>4</sub>AC 浸提火焰光度法测定,田间持水量采用环刀法测定<sup>[11-12]</sup>。

#### 1.4 数据分析

试验数据采用 DPS 7.05 和 Excel 2003 软件进行方差分析,采用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同绿肥生长特性、生物量及养分特性

由表 1 可以看出,不同种类的绿肥在 50 d 的生长

表 1 不同绿肥在休闲季节的生长特性、生物量及养分含量

Table 1 Growth characteristics, biomass and nutrient content of green manure in casual seasonal

绿肥类型 Rotation pattern	株高 Height/cm	生物量鲜重 Fresh weight biomass/(t·hm <sup>-2</sup> )	生物量干重 Biomass dry weight/(t·hm <sup>-2</sup> )	N /(g·kg <sup>-1</sup> )	P /(g·kg <sup>-1</sup> )	K /(g·kg <sup>-1</sup> )	C/N
T1	156.7	38.4 b	5.22	1.50	0.19	3.00	33.2
T2	166.3	62.0 a	8.49	1.40	1.58	4.10	34.1
T3	170.0	37.0 b	5.55	1.10	0.18	2.40	45.1
T4	95.8	16.0 c	2.42	1.92	0.33	2.80	24.1
T5	51.6	16.5 c	2.46	1.75	0.20	2.31	22.5

注:同列不同小写字母表示差异显著性(P<0.05),表 2 同。

Note: Different lowercase letters in the same column show significant difference at 0.05 level. The same as below.

### 2.2 绿肥翻压对设施土壤 pH 值的影响

pH 值是土壤的一项基本性质指标,它直接影响着土壤中各种元素的存在形态及有效性<sup>[13]</sup>。由图 1 可知,翻压不同种类绿肥后土壤 pH 值均呈现先降后平稳变化

中,T1、T2、T3、T4 和 T5 处理的株高分别可长至 156.7、166.3、170.0、95.8、51.6 cm;生物量鲜重和干重均达到较高水平,分别为 16.0~62.0、2.42~8.49 t/hm<sup>2</sup>,以 T2 处理生物量最高,显著高于其它处理,其次是 T1,再次是 T3,以 T4 生物学产量最低;不同绿肥养分含量也存在显著差异,T4、T5 处理相对富含氮素(含氮量分别为 1.92 g/kg 和 1.75 g/kg),显著高于其它绿肥作物,T3 含氮量最低,为 1.10,T2 相对富含磷素和钾素(含磷量为 1.58 g/kg,含钾量为 4.10 g/kg),显著高于其它绿肥作物;5 种绿肥作物的 C/N 比在 22.5~45.1,以 T3 处理最高,T5 最低,这主要与植株的氮含量有很大关系。可见利用槽式日光温室夏季休闲季节种植绿肥,可以在较短时间(50 d)内得到较多的生物量,翻压后可为土壤增加大量有机物质。

的趋势,以翻压后 30 d 降幅最大,降幅在 0.30~0.47,以翻压 T2 后土壤 pH 值降幅最大,降幅 0.47,其次是 T4,降幅 0.44,T3 降幅最小,降幅 0.30。可见,绿肥翻压在一定程度上降低了土壤 pH 值。

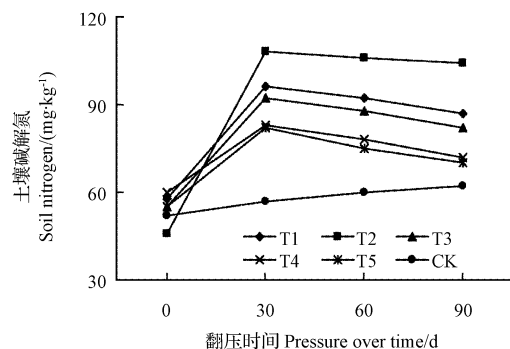
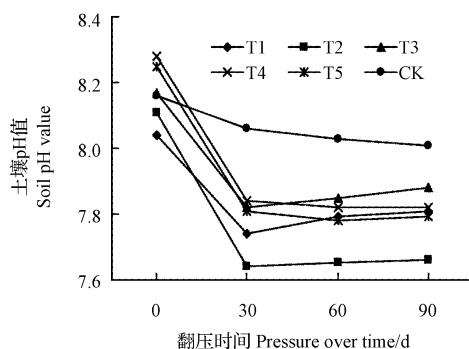


图 1 绿肥翻压对设施土壤 pH 值和碱解氮的影响

Fig. 1 Effect of green manure on soil pH value and available nitrogen of facilities soil

### 2.3 绿肥翻压对设施生土土壤碱解氮、速效磷和速效钾的影响

由图 1、2 可知,种植及翻压不同种类绿肥后土壤碱解氮、速效磷和速效钾均呈现先升后平稳变化的趋势。其中以翻压 T2 后土壤碱解氮、速效磷和速效钾提高最

多,其次是 T1,再次是 T3,以种植及翻压 T5 后碱解氮、速效磷和速效钾增幅最小。试验结果表明,种植及翻压绿肥均可以增加土壤碱解氮、速效磷和速效钾,特别是禾本科类的绿肥,其翻压后对作物生长中后期保持土壤肥力和维护耕地土壤质量的作用具有重要功效。

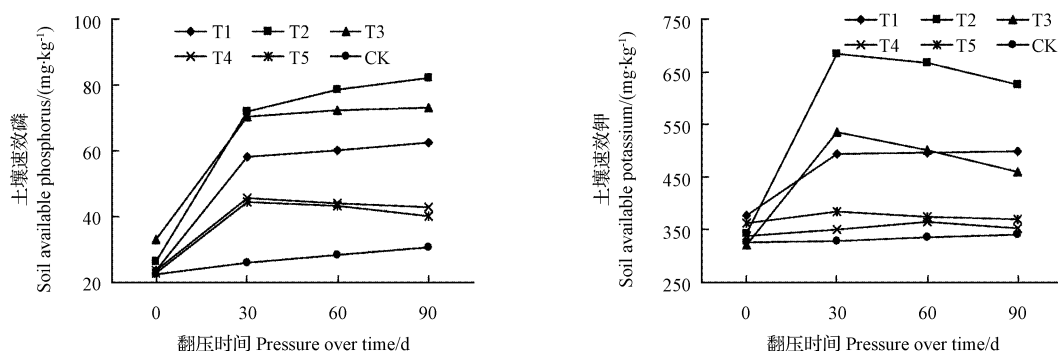


图2 绿肥翻压对设施生土土壤速效磷和速效钾的影响

Fig. 2 Effect of green manure on soil phosphorus and potassium of facilities raw soil

#### 2.4 绿肥翻压对设施生土土壤微生物区系和种群组成结构的影响

由表2可知,种植及翻压绿肥处理的土壤总菌数、细菌和放线菌含量呈现增加趋势,与CK相比,均达到显著水平;种植翻压T4、T5处理的耕层土壤真菌数量表现出增加的趋势,但与CK无显著差异,而种植翻压T1、T2、T3处理的耕层土壤真菌数量表现出减少趋势,与CK相比,均达到显著水平。与CK相比,种植翻压不同种类绿肥耕层土壤的B/F值都有所增加,说明种植翻压绿肥对于提升土壤环境和均衡土壤微生物类群及数量有一定作用。

表2

绿肥翻压对设施生土土壤微生物区系和种群组成结构的影响

Table 2 Effect of green manure on soil microbial population and community structure of facilities raw soil

绿肥类型 Rotation pattern	总菌数 Total /(CFU10 <sup>6</sup> · g <sup>-1</sup> )	细菌 Bacteria		真菌 Fungi		放线菌 Actinomyce		细菌/真菌 Bacteria/Fungi /10 <sup>3</sup>
		数量 Number /(CFU10 <sup>6</sup> · g <sup>-1</sup> )	比例 Proportion /%	数量 Number /(CFU10 <sup>3</sup> · g <sup>-1</sup> )	比例 Proportion /%	数量 Number /(CFU10 <sup>6</sup> · g <sup>-1</sup> )	比例 Proportion /%	
T1	14.53±1.41 a	10.14±0.94 a	69.79	5.75±0.43 e	0.04	4.39±0.36 b	30.21	1.76±0.12 a
T2	12.14±1.02 b	7.53±0.73 c	62.03	6.86±0.59 d	0.06	4.61±0.37 a	37.97	1.10 ±0.09 c
T3	13.94 ±1.14 a	9.48 ±0.89 b	63.45	6.95±0.62 c	0.05	4.46±0.41 b	36.55	1.36 ±0.08 b
T4	10.53 ±0.97 c	7.14 ±0.83 d	67.81	7.07±0.81 b	0.07	3.39±0.25 c	32.19	1.01 ±0.08f d
T5	9.97 ±0.84 c	6.85 ±0.75 e	68.71	7.26±0.65 a	0.07	3.12±0.21 d	31.29	0.94 ±0.07f d
CK	7.14±0.64 d	4.81±0.45 f	67.23	7.03±0.59 b	0.10	2.34±0.24 e	32.77	0.68±0.06 e

### 3 讨论与结论

绿肥作物翻压期生物量和养分含量是评价其能否作为绿肥的重要评价指标。焦彬<sup>[14]</sup>提出以每公顷产鲜草达到22.5 t作为适合绿肥作物的标准。该研究表明,甜玉米、高丹草、苏丹草3种绿肥作物可以在槽式日光温室夏季休闲季节较短时间(50 d)内产生较多的生物量。而大豆和地豆作物没有达到适合绿肥作物的标准,可能有2个原因,其一是生长期短,其二是这2种作物生长发育对设施日光温室夏季环境条件比较敏感。不同绿肥养分含量存在显著差异,大豆和地豆相对富含氮素,含氮量显著高于其它绿肥作物,这与豆科作物自身

特性(具有较强的共生固氮能力)有关。甜玉米相对富含磷素和钾素,显著高于其它绿肥作物,可能是种植甜玉米能有效活化土壤中磷素和钾素,从而增加了植株的磷和钾的含量。

土壤矿质养分的提高特别是速效养分的提高对作物生长具有重要意义。然而随着设施农业的发展新垦区的增加及食品安全等问题,使得绿肥还田对土壤的培肥作用越来越得到重视。研究表明,种植绿肥及翻压在一定程度上降低了土壤的pH值,提高了土壤速效氮、磷、钾的含量,其中以禾本科的甜玉米、高丹草和苏丹草较为明显,这可能与这3种绿肥地上部分产生的生物量

大有关。其翻压后对作物生长中后期保持土壤肥力和维护耕地土壤质量的作用具有重要功效。就提高土壤养分而言,种植及翻压禾本科的甜玉米、高丹草和苏丹草效果优于大豆和地豆。

土壤微生物区系结构是土壤重要组成部分,是评价土壤生态环境质量的重要指标之一,土壤微生物数量多、区系复杂,表明土壤微生态系统平衡,更有利于作物的健康生长<sup>[15-16]</sup>。研究表明,种植及翻压绿肥(甜玉米、高丹草和苏丹草)改变了槽式日光温室生粘土土壤微生物区系结构,增加了土壤总菌数、细菌和放线菌的数量,以及细菌数量与真菌数量比值(B/F),减少了真菌的数量和比例,改善了土壤微生态环境,对于提升土壤环境和均衡土壤微生物类群及数量有积极作用。

综上所述,种植绿肥及翻压在一定程度上降低了土壤的pH值,提高土壤速效氮、磷、钾的含量,改善了土壤微生态环境,其中以禾本科的甜玉米、高丹草和苏丹草较为明显;种植及绿肥翻压还田可以作为设施日光温室生粘土生产中土壤培肥和提升土壤环境的一项有效措施来实施。

#### 参考文献

- [1] 杨晓晖,王葆芳. 乌兰布和沙漠东北缘三种豆科绿肥植物生物量及其对土壤肥力的影响[J]. 生态学杂志, 2005, 24(10): 1134-1138.
- [2] 潘福霞,鲁剑巍,刘威,等. 不同种类绿肥翻压对土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(6): 1359-1364.
- [3] 王丹英,彭建,徐春梅,等. 油菜作绿肥还田的培肥效应及对水稻生长的影响[J]. 中国水稻科学, 2011, 26(1): 85-91.
- [4] 曹卫东,黄鸿翔. 关于我国恢复和发展绿肥若干问题的思考[J]. 中国土壤与肥料, 2009(4): 1-3.
- [5] 杨玉爱. 我国有机肥料研究及展望[J]. 土壤学报, 1996, 33(4): 414-421.
- [6] 张磊,欧阳竹,董玉红,等. 农田生态系统杂草的养分和水分效应研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(2): 69-72.
- [7] 卢萍,单玉华,杨林章,等. 绿肥轮作还田对稻田土壤溶液氮素变化及水稻产量的影响[J]. 土壤, 2006, 38(3): 270-275.
- [8] 盖钧镒. 试验统计方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 227-232.
- [9] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [10] 吴金水,林启美,黄巧云,等. 土壤微生物生物量测定方法及其应用[M]. 北京: 气象出版社, 2006: 4-17.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2005: 268-282.
- [12] 鲁如坤. 土壤农业化分析方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 126-133.
- [13] 于君宝,刘景双,王金达,等. 典型黑土pH值变化对营养元素有效态含量的影响研究[J]. 土壤通报, 2003, 34(5): 404-407.
- [14] 焦彬. 中国绿肥[M]. 北京: 中国农业出版社, 1986.
- [15] 刘国顺,罗贞宝,王岩,等. 绿肥翻压对烟田土壤理化性状及土壤微生物量的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(1): 95-98.
- [16] 章家恩,刘文高,胡刚. 不同土地利用方式下土壤微生物数量与土壤肥力的关系[J]. 土壤与环境, 2002, 11(2): 140-143.

## Effect of the Planting and Green Manure Application on Soil Nutrients and Microbial Flora in Greenhouse

BAI Xiao-jun<sup>1</sup>, FENG Hai-ping<sup>1</sup>, ZHANG Li-juan<sup>1</sup>, QU Ji-song<sup>1</sup>, YANG Dong-yan<sup>1</sup>, GUO Wen-zhong<sup>2</sup>

(1. Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Science, Yinchuan, Ningxia 750002; 2. National Engineering Research Center for Intelligentized Equipment Technology in Agriculture, Beijing 100097)

**Abstract:** The different green manure growth characteristic, biomass and nutrient characteristic and effect of green manure application on raw clay soil nutrients and microbial flora in trough greenhouse were studied by randomized block design with summer idle land (no green manure) for the control matrix. The results showed that the sweet corn, sorghum and sudan grass three kinds of green manure could produce higher biomass and nutrient accumulation during summer recreational season in trough greenhouse with short time (50 days). The planting and green manure decreased the soil pH value, meanwhile it may increased the soil organic matter, available nitrogen, phosphorus and potassium content compared with the control. Among them with sweet corn, sorghum and sudan grass was obvious. The planting and green manure changed microbial community structure, increased the total soil bacteria, bacteria and actinomyce, reduced the number and proportion of fungi, while significantly improved soil microbial environment and increased the ratio of bacteria to fungi (B/F). And sweet corn, sorghum and sudan grass were more significantly. The planting and green manure could be use as raw clay soil fertility of an effective measure to implement in trough greenhouse.

**Keywords:** green manure; solar greenhouse; soil nutrient; soil microorganism