

doi:10.11937/bfyy.20180055

# 作物秸秆还田配施复合生物菌剂对棚室连作甜瓜植株生长发育的影响

苗锦山<sup>1</sup>, 王树勇<sup>2</sup>, 刘杰<sup>1</sup>

(1. 潍坊科技学院 园艺科学与技术研究所, 山东 寿光 262700;

2. 昌乐县乔官镇农业综合服务中心, 山东 昌乐 262408)

**摘要:**以“潍科厚甜1号”网纹厚皮甜瓜为试材,研究了不同作物秸秆还田配施布氏乳杆菌、放线菌等为主要成分的复合生物菌剂对日光温室连作甜瓜生长发育的影响,以期为设施甜瓜高效栽培提供依据。结果表明:甜玉米和小麦秸秆还田配施复合生物菌剂均可显著促进连作甜瓜的根叶碳、氮代谢水平,表现为功能叶片光合速率和PSⅡ最大,光化学效率和实际光化学效率显著提升;碳、氮代谢产物蔗糖、可溶性糖、脯氨酸、游离氨基酸和可溶性蛋白质含量呈不同程度增加;根系硝酸还原酶活性、谷氨酰胺合成酶活性和根系活力显著提升。甜玉米和小麦秸秆还田配施复合生物菌剂促进了连作甜瓜株高、茎粗、单株叶面积以及根、叶干物质积累,甜瓜生育进程加快,促生作用效果以甜玉米秸秆还田配施复合生物菌剂处理最佳。因此,温室连作甜瓜进行甜玉米秸秆还田 15 000 kg·hm<sup>-2</sup> + 定植前复合生物菌剂蘸根和定植后 15 d 进行复合生物菌剂 20 mL·株<sup>-1</sup>灌根处理可为田间生产参考。

**关键词:**甜瓜;连作;秸秆还田;复合生物菌剂;生长发育

**中图分类号:**S 652 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2018)13-0068-06

甜瓜(*Cucumis melo* L.)是世界十大水果之一。我国甜瓜常年栽培面积超过 35 万 hm<sup>2</sup>,是世

界第一甜瓜生产大国,甜瓜生产在我国园艺产业中占据重要地位<sup>[1]</sup>。但甜瓜属不耐连作作物,优势产区甜瓜经多年连作即产生连作障碍,表现为土壤养分失调,土壤次生盐渍化严重,土壤中微生物区系异常,土传病害多发以及作物自毒作用等,导致作物生育障碍<sup>[2]</sup>,严重制约其产量提高和品质改善。

作物秸秆富含氮、磷、钾、钙、镁和有机质等,已成为一种方便、有效的可再生有机肥资源<sup>[3]</sup>。秸秆还田可有效改善土壤理化性质,增加土壤有

**第一作者简介:**苗锦山(1972-),男,博士,教授,研究方向为蔬菜育种与栽培。E-mail:lnmjs@163.com.

**基金项目:**国家星火科技支撑计划资助项目(2011GA740072);潍坊科技学院自然科学重大专项资助项目(W13K002);山东省软科学研究计划资助项目(2015RKC35001)。

**收稿日期:**2018-03-01

consumption of vegetable fields were conical relationship. The yield decreased significantly when irrigation volume was below 75 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>, which was lower than the control 26.72%. The water use efficiency increased significantly as water irrigation decreased, which was 16.19%—121.62% higher than that of the control. In this study, based on comprehensive consideration of growth, yield and water use efficiency, suitable irrigation amount under film-mulched irrigation was 930—1 230 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup> for greenhouse tomato growth during autumn-winter season.

**Keywords:** greenhouse tomato; water saving irrigation; irrigation amount; growth dynamics

机质含量和矿质养分含量,从而提高作物产量和改善品质<sup>[4]</sup>。秸秆还田还可促进真菌和细菌大量繁殖,提高土壤中微生物的数量<sup>[5]</sup>。而土壤有益微生物在有机质的矿化、腐殖质的形成和分解、植物营养的转化、土壤污染的修复等诸过程中起着不可替代的作用<sup>[6]</sup>。因此,近年来秸秆还田和以菌治菌的生物防控方法在克服蔬菜等作物土壤连作障碍方面得到了广泛研究和应用<sup>[7-8]</sup>。

该试验研究了甜玉米、小麦秸秆还田配施布氏乳杆菌、放线菌等复合微生物菌剂对日光温室连作甜瓜生长发育的影响,探讨了不同作物秸秆与生物菌肥配施的促生作用效果,旨在为甜瓜连作障碍克服技术研究提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试网纹甜瓜品种为“潍科厚甜1号”,由潍坊科技学院园艺科学与技术研究所选育并提供。布氏乳杆菌、放线菌等复合生物菌剂由阿坤纳斯生物技术(北京)有限公司提供。甜玉米和小麦秸秆分别来自潍坊科技学院园艺科学与技术研究所实验基地和寿光市农户生产。试验地土壤为砂浆潮土,0~20 cm 土层有机质含量 0.87%,速效氮 50.2 mg·kg<sup>-1</sup>,速效磷 65.3 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾 83.8 mg·kg<sup>-1</sup>,土壤田间持水量 23.8%,容重 1.3 g·cm<sup>-3</sup>。试验温室土壤连作甜瓜 5 年。

### 1.2 试验方法

试验于 2014 年 7 月至 2015 年 3 月在潍坊科技学院园艺科学与技术研究所科研基地日光温室内进行,甜瓜栽培茬口为秋延迟茬。根据不同作物秸秆还田结合苗期配施复合微生物菌剂与否,设置 4 个试验处理。CK:栽培同普通大田,不进行秸秆还田和复合微生物菌剂灌根;T1:不进行秸秆还田,分别于定植前用复合生物菌剂蘸根和定植后 15 d 进行复合微生物菌 20 mL·株<sup>-1</sup>灌根处理;T2:结合整地小麦秸秆还田 15 000 kg·hm<sup>-2</sup>,分别于定植前用复合生物菌剂蘸根和定植后 15 d 进行 20 mL·株<sup>-1</sup>微生物菌灌根处理;T3:结合整地甜玉米秸秆还田 15 000 kg·hm<sup>-2</sup>,分别于定植前用复合生物菌剂蘸根和定植后 15 d 进行微生物菌 20 mL·株<sup>-1</sup>

灌根处理。小区面积为 10 m×2.8 m,随机区组设计,重复 3 次。2014 年 7 月上旬将未经雨淋的甜玉米和小麦秸秆用粉碎机粉碎后结合整地普施于试验小区,根据当地生产习惯,灌溉后进行高温闷棚 20 d。定植前各小区化肥基肥施用量为氮磷钾(18-18-18)三元复合肥 1 500 kg·hm<sup>-2</sup>,根据施入秸秆的矿物质含量,CK 和 T1 多施入复合肥 180 kg·hm<sup>-2</sup>。甜瓜于 2014 年 7 月 25 日育苗,三叶一心时选择长势均一、大小一致的幼苗定植。大小行种植,大行距 80 cm,小行距 60 cm,株距 45 cm,单干整枝。用生物菌剂蘸根后定植,定植后 15 d 用生物菌剂灌根。蘸根和灌根前首先进行生物菌激活,取适量生物菌剂母液于开口容器中,按 1:2 比例加入氨基酸激活液,置于 25℃ 环境下激活 3 d,期间每天将混合液摇晃数次。激活完成后按照生物菌:水=1:1 000 的比例加入井水(非自来水)备用。定植 30 d 后进行相关形态和生理指标测定。

### 1.3 项目测定

采用 LI-6400(LICOR Biosciences, Lincoln, USA)便携式光合测定系统测定同一功能叶片(主茎倒三叶)的光合指标及叶绿素荧光参数指标,参照刘杰<sup>[9]</sup>的方法。各荧光参数的计算依据参考 SCHREIBER 等<sup>[10]</sup>的方法。

根系活力测定采用 TTC 法<sup>[11]</sup>,硝酸还原酶活性测定采用磺胺比色法<sup>[11]</sup>,谷氨酰胺合成酶活性测定采用李合生等<sup>[11]</sup>的方法。蔗糖、可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法<sup>[12]</sup>;脯氨酸含量测定采用磺基水杨酸法<sup>[12]</sup>;游离氨基酸含量测定采用茚三酮显色法<sup>[12]</sup>;可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 比色法<sup>[12]</sup>。

利用直尺测量株高(以子叶为界)、电子游标卡尺测量第二茎节处植株的茎粗。按照一定的次序数出一级侧根(长度 0.5 cm 以上)的条数。用电子天平称量植株鲜质量,然后放入烘箱,80℃ 恒温烘干,称其干质量。

### 1.4 数据分析

数据处理及方差统计学分析均用统计学程序 SPSS 14.0 完成。所有数据均以 3 次重复的平均值表示,检验水平为 5%。各处理平均值用多重比较(LSD)检测统计学差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 作物秸秆还田配施复合生物菌剂对连作甜瓜光合性能的影响

从表1可以看出,T1、T2、T3处理叶绿素含量和光合速率分别为3.03、3.27、3.69  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和15.55、17.32、19.22  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。其中,T3、T2处理叶绿素含量分别较对照高25.1%和10.8%,光合速率分别较对照高30.0%和

17.2%,上述2个处理叶绿素含量和光合速率显著高于T1处理和CK( $P < 0.05$ )。T1处理叶绿素含量和光合速率也均高于对照,但差异未达显著水平。秸秆还田和施用复合生物菌剂处理叶片蒸腾速率、气孔导度和细胞间隙 $\text{CO}_2$ 浓度也均较对照呈不同程度增加。表明秸秆还田和施用生物菌剂处理均可提高设施连作甜瓜光合性能,但以T2、T3处理作用效果最为显著。同时也说明,在未施用秸秆等有机肥的生产条件下,复合生物菌剂促进甜瓜光合性能提高的作用效果受到一定限制。

表1 作物秸秆还田配施复合生物菌剂对连作甜瓜光合性能的影响

Table 1 Effects of different crop straw returning combined with complex microorganism preparation on photosynthesis in melon

处理 Treatment	叶绿素含量 Chlorophyll content $/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	光合速率 Photosynthesis rate $/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	蒸腾速率 Transpiration rate $/(\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	气孔导度 Stomatal conductance $/(\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	细胞间隙 $\text{CO}_2$ 浓度 Intercellular $\text{CO}_2$ concentration $/(\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1})$
CK	2.95c	14.78c	3.07d	5.12c	238.5c
T1	3.03c	15.55c	3.12c	5.45b	254.3c
T2	3.27b	17.32b	3.75b	6.45a	285.3b
T3	3.69a	19.22a	3.96a	6.56a	300.1a

注:同列不同小写字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平上差异显著。下同。

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

### 2.2 作物秸秆还田配施复合生物菌剂对连作甜瓜叶绿素荧光参数的影响

$F_v/F_m$ 为暗适应下PS II最大光化学效率,反映了光合机构对光能吸收转化的状态。由表2可知,甜瓜施用复合生物菌剂后,最大光化学效率( $F_v/F_m$ )较对照显著提高( $P < 0.05$ )。而作物秸秆还田配施生物菌剂处理的作用效果则更为明显,T3和T2最大光化学效率分别较对照提高23.0%和15.6%,表明秸秆还田配施生物菌剂可显著提高温室甜瓜叶片光化学效率,增强光合系

统对光能的吸收转化能力。各处理实际光化学效率( $\Phi_{PSII}$ )值均显著高于对照( $P < 0.05$ ),其中以甜玉米秸秆还田配施复合生物菌剂效果最佳,表明秸秆还田配施生物菌肥可更显著地提高温室甜瓜叶片光合系统对光能的利用效率。

### 2.3 作物秸秆还田配施复合生物菌剂对连作甜瓜功能叶片生化物质含量的影响

碳、氮代谢是作物生命活动中最重要的代谢过程,其所产生的碳水化合物和含氮有机物是构成作物产量和品质的物质基础。蔗糖是光合作用的产物,是植物体内碳水化合物运输的主要形式,以蔗糖为核心的光合碳在源、库器官中的代谢是作物产量和品质形成中的关键环节之一<sup>[13]</sup>。由表3可知,T3、T2、T1处理和对照叶片蔗糖、可溶性糖含量分别为5.72、5.05、3.91、3.50  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  FW和3.20%、2.95%、2.82%、2.31%,各处理间差异显著( $P < 0.05$ )。T3、T2、T1处理和对照叶片脯氨酸和游离氨基酸含量分别为165.3、134.5、72.5、68.7  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  FW和274.5、245.6、200.3、198.7  $\text{NH}_4^+-\text{N} \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  FW, T3和T2

表2 作物秸秆还田配复合生物菌剂对连作甜瓜叶片荧光参数的影响

Table 2 Effects of different crop straw returning combined with complex microorganism preparation on  $F_v/F_m$  and  $\Phi_{PSII}$  in melon

处理 Treatment	最大光化学效率 $F_v/F_m$	实际光化学效率 $\Phi_{PSII}$
CK	0.712d	0.301d
T1	0.767c	0.323c
T2	0.823b	0.401b
T3	0.876a	0.412a

表 3 作物秸秆还田配施复合生物菌剂对连作甜瓜叶片生化物质含量的影响

Table 3 Effects of different crop straw returning combined with complex microorganism preparation on biochemical matter content of leaf in melon

处理 Treatment	蔗糖含量 Sucrose content /(mg · g <sup>-1</sup> FW)	可溶性糖含量 Soluble sugar content/%	脯氨酸含量 Proline content /(mg · g <sup>-1</sup> FW)	游离氨基酸含量 Free amino acid content /(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg · g <sup>-1</sup> FW)	可溶性蛋白质含量 Soluble protein content /(mg · g <sup>-1</sup> FW)
CK	3.50d	2.31d	68.7d	198.7c	8.56d
T1	3.91c	2.82c	72.5c	200.3c	9.01c
T2	5.05b	2.95b	134.5b	245.6b	11.54b
T3	5.72a	3.20a	165.3a	274.5a	12.34a

处理显著高于单施生物菌处理和对照 ( $P < 0.05$ ),表明甜玉米秸秆、小麦秸秆还田配施生物菌剂处理明显促进了甜瓜功能叶片的氮素代谢水平。上述各处理的可溶性蛋白质含量分别为 12.34、11.54、9.01、8.56 mg · g<sup>-1</sup> FW,处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。二磷酸核酮糖羧化酶是植物叶片蛋白质的主要存在形式,叶片衰老期间可溶性蛋白质含量的变化基本上反映了 RuBP 羧化酶含量的变化,在一定程度上反映了叶片净光合速率的高低<sup>[14]</sup>。功能叶片可溶性蛋白质含量的增加为连作甜瓜光合性能提升提供了物质基础。

2.4 作物秸秆还田配施复合生物菌剂对连作甜瓜根系功能的影响

根系是植物同化、转化、合成物质的重要器官,根系活力是衡量根系功能的主要指标之一。T3、T2、T1 处理和对照根系活力分别为 24.23、

20.12、16.83、15.10 μg · g<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup> FW,秸秆还田和施用复合生物菌剂均可显著促进甜瓜根系活力提升 ( $P < 0.05$ )。T3、T2、T1 处理和对照根系硝酸还原酶活性和谷氨酰胺合成酶活性分别为 18.12、16.78、14.03、12.09 NO<sub>2</sub> μg · g<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup> 和 0.82、0.75、0.66、0.54 ΔOD · g<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup>,各处理间差异显著 ( $P < 0.05$ ),尤以甜玉米秸秆还田外配施生物菌剂效果最佳(表 4)。硝酸还原酶(NR)是作物氮同化的限速酶,在氮同化过程中起关键作用。而作物体内 95% 以上的 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 则通过谷氨酰胺合成酶(GS)或谷氨酸合成酶(GOGAT)形成氨基酸,其活性提高有利于氮素的积累和分配<sup>[15]</sup>。上述结果说明,秸秆还田配施复合生物菌剂可显著提高甜瓜根系吸收能力,促进甜瓜叶片的氮素代谢水平。

表 4 作物秸秆还田配施复合生物菌剂对连作甜瓜根系功能的影响

Table 4 Effects of different crop straw returning combined with complex microorganism preparation on root activity in melon

处理 Treatment	根系活力 Root activity/(μg · g <sup>-1</sup> · h <sup>-1</sup> FW)	硝酸还原酶活性 Nitrate reductase activity/(NO <sub>2</sub> μg · g <sup>-1</sup> · h <sup>-1</sup> )	谷氨酰胺合成酶活性 Glutamine synthetase activity/(ΔOD · g <sup>-1</sup> · h <sup>-1</sup> )
CK	15.10d	12.09d	0.54d
T1	16.83c	14.03c	0.66c
T2	20.12b	16.78b	0.75b
T3	24.23a	18.12a	0.82a

2.5 作物秸秆还田配施复合生物菌剂对连作甜瓜植株生育的影响

作物秸秆还田和施用复合生物菌剂均可促进甜瓜地上部植株生长,表现为株高、茎粗、单株叶面积、单株地上部植株鲜质量和干质量以及干物质率较对照显著增加,各处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。甜玉米、小麦秸秆还田配施生物菌剂处理效果优于单施生物菌处理和对照,其中以 T3 处

理效果最佳(表 5)。

秸秆还田配施复合生物菌剂对甜瓜根系生长促进效果显著,表现为甜瓜根系干质量、鲜质量、干物质率和根冠比均显著高于对照。作物苗期增大根冠比,促进根系生长,有助于其后期生长发育(表 6)。

另外,T3、T2、T1 处理和 CK 主茎真叶叶片数和一级侧根条数分别为 14.5、12.9、10.5、10.3 片

表5 作物秸秆还田配施复合生物菌剂对连作甜瓜地上部植株生育的影响

Table 5 Effects of different crop straw returning combined with complex microorganism preparation on growth and development of shoot plant in melon

处理 Treatment	株高 Plant height /cm	茎粗 Stem diameter /cm	主茎真叶叶数 Number of main stem leaves/片	单株叶面积 Leaf area of single plant/cm <sup>2</sup>	单株地上部鲜质量 Shoot fresh weight/g	单株地上部干质量 Shoot dry weight/g	干物质率 Dry matter rate/%
CK	91.3d	0.58c	10.3c	4 129.9d	212.5d	18.2d	8.57d
T1	98.1c	0.69b	10.5c	4 323.4c	238.2c	20.9c	8.77c
T2	108.2b	0.85a	12.9b	4 567.3b	255.4b	25.5b	9.98b
T3	112.3a	0.87a	14.5a	4 826.3a	265.3a	26.8a	10.10a

表6 作物秸秆还田配施复合生物菌剂对连作甜瓜苗期根系生长的影响

Table 6 Effects of different crop straw returning combined with complex microorganism preparation on growth and development of root in melon

处理 Treatment	一级侧根条数 Number of primary lateral roots/条	单株根系鲜质量 Root fresh weight/g	单株根系干质量 Root dry weight/g	干物质率 Dry matter rate/%	根冠比 Root-shoot ratio
CK	12.8b	15.05d	1.32d	8.51d	0.062c
T1	13.3b	16.23c	1.41c	8.66c	0.064c
T2	15.2a	18.29b	1.66b	9.08b	0.065b
T3	15.5a	20.12a	1.86a	9.25a	0.069a

和15.5、15.2、13.3、12.8条,T3和T2处理显著高于T1处理和对照,表明甜玉米、小麦秸秆还田配施生物菌剂可在一定程度上促进甜瓜的发育进程(表5、6)。

### 3 讨论

作物连作障碍产生的关键原因是土壤理化性质恶化所造成的非生物胁迫和土传病原菌所造成的生物逆境共同作用于作物本身,导致其生育障碍,而某些作物的自毒作用则会加剧其受害程度<sup>[1]</sup>。因此,克服作物连作障碍的关键是改善土壤理化性质和营养状况以及防控土传病原菌。

近年来,利用生防菌防治作物土传病害和促生作用受到重视<sup>[7-8,16]</sup>。该研究发现,甜玉米和小麦秸秆还田配施复合生物菌剂均可显著促进连作甜瓜根、叶碳氮代谢水平,根、叶功能增强。叶绿素荧光与光合作用效率密切相关,环境因子对光合作用的影响均可通过叶绿素荧光得以反映。Fv/Fm表示PSⅡ最大光化学量子产量,反映PSⅡ中心光能转换效率或最大PSⅡ的光能转换效率<sup>[17]</sup>。在连作土壤环境下,功能叶片最大光化学效率和实际光化学效率提高表明,作物秸秆还田配施生物菌剂可促进连作甜瓜光能利用效率提高、叶片光合性能改善。而碳氮代谢产物可溶性

糖、脯氨酸、游离氨基酸等渗透调节物含量的增加则表明甜瓜整体生产性能提高,生长发育进程加快,从而为高产优质生产目标的实现打下了基础。

从各处理比较来看,单施生物菌、秸秆还田后配施生物菌均有一定的促生作用,但以甜玉米配施复合生物菌剂效果最佳。因此,保护地连作甜瓜进行甜玉米秸秆还田15 000 kg·hm<sup>-2</sup>+定植前复合生物菌剂蘸根和定植后15 d进行复合生物菌剂20 mL·株<sup>-1</sup>灌根处理可为甜瓜田间生产参考。

### 参考文献

- [1] 苗锦山,沈火林. 棚室甜瓜高效栽培[M]. 北京:机械工业出版社,2015.
- [2] 段峰,王秀云,高志红. 园艺作物连作障碍发生原因及防治措施[J]. 江西农业学报,2011,23(3):34-39.
- [3] 李良勇,李帆,黄松青,等. 稻草不同还田量和还田方式对烤烟养分吸收及产质的影响[J]. 福建农业学报,2007,22(1):10-14.
- [4] 高青海,陆晓民,贾双双. 不同作物秸秆还田对设施黄瓜生长及光合特性的影响[J]. 西北植物学报,2013,33(10):2065-2070.
- [5] 季立声,贾君水,张圣武,等. 秸秆直接还田的土壤生物学效应[J]. 山东农业大学学报,1992,23(4):375-379.
- [6] 庞新,张福锁,王敬国. 不同供氮水平对根系微生物量氮及微生物活度的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2000,6(4):476-480.

- [7] 张鸿雁,薛泉宏,申光辉,等.放线菌制剂对人参生长及根域土壤微生物区系的影响[J].应用生态学报,2013,24(8):2287-2293.
- [8] 刘军辉.复合微生物制剂对盐碱地土壤修复效果研究[J].河北林业科技,2016(3):43-45.
- [9] 刘杰.向日葵对碱胁迫和盐胁迫适应机制比较[D].长春:东北师范大学,2011.
- [10] SCHREIBER U, SCHLIWA U, BILGER W. Continuous recording of photochemical and non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer[J]. Photosynth Res, 1986, 10(1-2): 51-62.
- [11] 李合生,孙群,赵世杰,等.植物生理生化试验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [12] 郝再彬,苍晶,徐仲.植物生理实验[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004.
- [13] 甘彩霞,吴楚.蔗糖代谢中 3 类关键酶的研究进展[J].长江大学学报,2003,4(1):74-78.
- [14] 李向东,王晓云,万勇善,等.花生叶片衰老的初步研究[J].中国油料作物学报,2000,22(1):61-64.
- [15] 欧立军,康林玉,赵激,等.作物氮素吸收与利用研究进展[J].北方园艺,2018(7):151-156.
- [16] 赵娟,杜军志,薛泉宏,等.3 株放线菌对甜瓜幼苗的促生与抗性诱导作用[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(2):109-116.
- [17] YANG F J, WANG X F, WEI M, et al. Effects of  $\text{NO}_3^-$  stress and recovery on chlorophyll fluorescence parameters and ATPase activities of cucumber seedling leaves[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(3): 403-407.

## Effects of Complex Microorganism Preparation on the Growth and Development in Facility Continuous Cropping Melon (*Cucumis melo* L.)

MIAO Jinshan<sup>1</sup>, WANG Shuyong<sup>2</sup>, LIU Jie<sup>1</sup>

(1. Institute of Horticultural Science and Technology, Weifang College of Science and Technology, Shouguang, Shandong 262700; 2. Comprehensive Agricultural Service Center of the Qiaoguan Sub-district Administration of Changle City, Changle, Shandong 262408)

**Abstract:** Continuous cropping thick-skin melon variety ‘Weike Houtian No. 1’ was employed as material, effects of different crop straw returning combined with complex microorganism preparation composed of lactobacillus buchneri, actinomycetes, etc on the growth and development in greenhouse were conducted so as to provide the basis for high efficient cultivation of melon. The results showed that carbon and nitrogen metabolism of melon were increased with sweet corn and wheat straw returning combined with complex microorganism preparation, functional leaf photosynthetic rate and PSⅡ maximum photochemical efficiency and actual photochemical efficiency increased significantly. Sucrose, soluble sugar, proline, free amino acid and soluble protein contents increased at different degrees. Nitrate reductase, glutamine synthetase activities and root activity were improved significantly. Sweet corn and wheat straw returning combined with complex microorganism preparation promoted plant height, stem diameter, leaf area per plant and matter accumulations of roots and leaves in the continuous cropping melon to speed up the growth and development. Among the treatments, sweet corn straw returning combined with complex microorganism preparation was the best. Therefore, sweet corn straw returning for  $15\ 000\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  + dipping roots before field planting and watering roots by complex microorganism preparation for 20 mL per plant after 15 days of field planting could be used as a reference for actual production technology.

**Keywords:** melon; continuous cropping; crop straw returning; complex microorganism preparation; growth and development