

# 几种微生物菌剂处理下连作黄瓜的生长分析

王 涛, 李 剑, 覃 娟, 奥 岩 松

(上海交通大学 农业与生物学院, 上海 200240)

**摘 要:**采用盆栽法研究了4种微生物菌剂(连荏王、护根宝、金宝贝、木霉菌肥)处理对连作黄瓜生长的影响。结果表明:4种菌剂处理下连作黄瓜的各项生长指标均较对照有所提高;木霉菌肥和护根宝处理明显提高了连作黄瓜的相对生长率、净同化率、叶面积指数、群体光合势及群体生长率;连荏王处理对黄瓜叶重比及叶片厚度具有明显的促进效应。综合各菌剂对连作黄瓜地上部生长的改善效果,依次为木霉菌肥>护根宝>连荏王>金宝贝。

**关键词:**微生物菌剂;连作障碍;黄瓜;生长分析

**中图分类号:**S 642.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2010)18-0015-05

同一作物或近缘作物连续多年种植以后,即使在正常的管理水平下,也会使得植株生育状况变差、产量降低、病害严重,这就是连作障碍<sup>[1]</sup>。许多园艺植物(包括瓜果类蔬菜和观赏花卉)、大田经济作物和中草药都存在不同程度的连作障碍现象<sup>[2-5]</sup>。黄瓜作为一种大众蔬菜,连作现象尤为严重。长期以来,人们试图通过多种方式解决连作障碍,例如轮作、嫁接、选育抗病品种等。

但是,由于受到土地使用制度、砧木选择、育种时间及栽培环境等因素的影响,这些技术的广泛应用受到限制。因此,探索连作障碍的诱因及其寻找新的克服方法具有重要的理论和现实意义。

微生物菌剂是经过特殊工艺制成的含有活菌并用于植物的生物制剂或活菌制剂,其具有增加土壤肥力、增强植物对养分的吸收、提高作物的抗病能力等多种功能<sup>[6]</sup>。目前关于微生物菌剂在克服连作障碍方面的研究还鲜有报道。试验采用盆栽法通过生长分析研究几种不同微生物菌剂对连作黄瓜生长的影响,以期对黄瓜连作障碍的克服及合理的进行土壤管理提供一定科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验在上海交通大学农业与生物学院试验农场温室(RICHEL, 法国)内进行,温度 32/20℃、相对湿度 (70±5)%,自然光照。

**第一作者简介:**王涛(1984-),男,在读硕士,现主要从事植物逆境生理生态及问题土壤修复方面的研究工作。E-mail:wt19841129@163.com。

**通讯作者:**奥岩松(1963-),男,教授,博士生导师,现从事蔬菜生理及农业环境生态方面的研究工作。E-mail:aoyang@sjtu.edu.cn。

**基金项目:**上海市科学技术委员会科技攻关计划资助项目(07DZ19604)。

**收稿日期:**2010-05-26

## Cluster Analysis of Agronomic Traits of Tomato Varieties

DONG Hua-fang<sup>1</sup>, XU Yan-bo<sup>2</sup>

(1. Horticultural Department of Xichang College, Xichang, Sichuan 615013; 2. Department of Plant Pathology Agricultural University, Beijing 100094)

**Abstract:** Clustering analysis was conducted based on tomato fruit-shape index, fruit shape, fruit color, fruit number of the first inflorescence, ect 11 agronomic traits of 41 tomato varieties. The results showed that 41 tomato varieties were divided into 4 groups, which were var. vulgare; middle-fruit size and long round fruit; dark-red and long round fruit, dwarf stem, low yeild var. cerasiforme; the smallest fruit, yellow and long round fruit, high yeild, high stem var. cerasiforme.

**Key words:** tomato; agronomic trait; clustering analysis

1.2 试验材料

供试品种为“春秋旱黄瓜”,四川省绵阳市南峰蔬菜研究所生产。试验所用土壤取自上海市奉贤区南桥镇杨王村蔬菜生产基地。该基地种植用棚为长 60 m、宽 7 m、高 2 m 的竹架拱棚,棚内土壤为已种植过 5 茬黄瓜的连作灰潮土。2009 年 4 月 25 日分别在多个拱棚多点采取 0~20 cm 耕层土样,用编织袋装好并带回农场温室,土壤基本理化性状如下:有机质含量 17.5 g/kg,碱解氮 83.05 mg/kg,速效磷 61.25 mg/kg,速效钾 242.43 mg/kg,pH 7.87,EC 1.86 mS/cm,容重 1.61 g/cm<sup>3</sup>。试验所用微生物菌剂为上海创博生态工程有限公司提供的连荏王、护根宝,北京华夏康源科技有限公司提供的金宝贝及上海交通大学农业与生物学院提供的多功能木霉菌肥 4 种生物菌剂。产品参数见表 1。

表 1 4 种微生物菌剂产品参数

Table 1 Parameters of four microbial fertilizers

名称 Name	主要性状 Main characters	主要菌群 Main flora	活菌数 Number of
			bacterium /cfu·g <sup>-1</sup>
连荏王	棕黄色粉状固体	芽孢杆菌、乳酸菌、酵母菌、光合菌等	≥3.0×10 <sup>9</sup>
护根宝	灰色粉状固体	芽孢杆菌、乳酸菌、链霉菌等	≥3×10 <sup>9</sup>
金宝贝	黑色粉状固体	固氮、解磷、解钾活性菌	≥2×10 <sup>8</sup>
多功能木霉菌肥	灰色粒状固体	哈茨木霉菌	≥2×10 <sup>9</sup>

1.3 试验设计

采用盆栽方式,完全随机排列。试验前,为增加土壤肥力,以 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=0.2:0.2:0.2 g/kg 土用量向土壤中施入复合肥及少量有机肥,并充分混匀。2009 年 5 月 20 日将充分混匀的黄瓜连作土壤装入盆(25 cm×18 cm)中,每盆装土 3.0 kg。试验设 4 个处理,即连荏王 7g/株、护根宝 5 g/株、金宝贝 5 g/株、木霉菌肥 6 g/株(剂量参考产品说明),分别表示为 L、H、J、M,以不添加菌肥为对照(CK)。每处理 9 盆,重复 3 次。定植时将事先备好的微生物菌剂按量施入定植坑穴中并与周围松土充分混匀,每盆定植事先育好的整齐一致、无病虫害的黄瓜壮苗 1 株。

黄瓜生长期保持盆内土壤含水量在 60%~80%左右,其它管理按黄瓜生产常规管理方法进行,各处理间管理水平一致。

1.4 试验方法

于植株定植后 10、20、30、40、50、60 d 随机从各处理分别选取黄瓜植株 4 株,测定叶面积、叶干重及植株干重,测定方法为常规方法。统计指标如下:

①相对生长率(RGR, Relative Growth Rate):表示单位时间内单位干物质质量增长速率。单位为 g·g<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>。

$$RGR=\frac{\ln W_2-\ln W_1}{t_2-t_1},$$

W<sub>1</sub> 和 W<sub>2</sub> 分别表示时间 t<sub>1</sub> 和 t<sub>2</sub> 时的整个植株的干重。

②净同化率(NAR, Net Assimilation Rate):表示单位时间内单位叶面积干物质增重速率。单位为 g·cm<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>。

$$NAR=\frac{\ln L_2-\ln L_1}{L_2-L_1} \cdot \frac{W_2-W_1}{t_2-t_1},$$

W<sub>1</sub> 和 W<sub>2</sub> 分别表示时间 t<sub>1</sub> 和 t<sub>2</sub> 时植株的干物质量, L<sub>1</sub> 和 L<sub>2</sub> 分别表示时间 t<sub>1</sub> 和 t<sub>2</sub> 时植株的叶面积。

③叶面积比率(LAR, Leaf Area Ratio):表示叶面积与植株干重之比(L/W),即单位干重的叶面积。单位为 cm<sup>2</sup>·g<sup>-1</sup>。

$$LAR=\frac{\ln W_2-\ln W_1}{W_2-W_1} \cdot \frac{L_2-L_1}{\ln L_2-\ln L_1},$$

W<sub>1</sub> 和 W<sub>2</sub> 分别表示叶面积为 L<sub>1</sub> 和 L<sub>2</sub> 时的植株干重。故 RGR=LAR·NAR。

④比叶面积(SLA, Specific Leaf Area):即叶面积与叶干重之比,又称比叶重。它是单位叶干重的叶面积,表示叶片的薄厚。单位为 cm<sup>2</sup>·g<sup>-1</sup>。

$$SLA=\frac{L}{L_w},$$

L 为叶片面积, L<sub>w</sub> 为叶片干重。

⑤叶重比(LWR, Leaf Weight Ratio):即叶干物重占植株总干物重的比例。单位为 g·g<sup>-1</sup>。

$$LWR=\frac{L_w}{W},$$

L<sub>w</sub> 为叶子的干重, W 为植株的干重。

⑥叶面积指数(LAI, Leaf Area Index),指单位土地面积上的叶面积,常用于群体生长分析。

$$LAI=\frac{L}{A_s},$$

L 代表叶面积, A<sub>s</sub> 代表土地面积。

⑦群体光合势(LAD, Leaf Area Duration):指在某一生育时期或整个生育时期内群体绿叶面积的逐日累积。单位为 m<sup>2</sup>·d。

$$LAD=1/2(L_1+L_2)(t_2-t_1),$$

L<sub>2</sub>、L<sub>1</sub> 分别是 t<sub>2</sub>、t<sub>1</sub> 时的叶面积。

⑧作物生物率(CGR, Crop Growth Rate):指单位时间内,单位土地面积上,作物群体干物质增长率。单位为 g·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>。

$$CGR=\frac{y_2-y_1}{t_2-t_1}=NAR \times LAI,$$

y<sub>2</sub> 为 t<sub>2</sub> 时间单位土地面积上的干物质量, y<sub>1</sub> 为 t<sub>1</sub> 时间单位土地面积上的干物质量。NAR 表示净同化率, LAI

表示叶面积指数。

1.5 数据分析

运用 Excel 进行数据分析并作图。

2 结果与分析

2.1 不同菌剂处理下连作黄瓜平均相对生长速率和净同化率的变化

由图 1 可见,黄瓜相对生长速率(RGR)和净同化率(NAR)在整个生长期均呈现先上升后下降的趋势,二

者之间表现出相似规律。10~20 d 黄瓜的 RGR 和 NAR 均较 0~10 d 显著增加,达到整个生长期最高水平,随后逐渐下降,40~50 d 又出现上升,但上升幅度小于 10~20 d,结果盛期后又逐渐下降。以上分析说明黄瓜在幼苗生长期和结果初期干物质积累迅速,这 2 个时期光合产物的迅速合成有利于黄瓜后期的生长及产量的形成,是黄瓜整个生育期的关键阶段。

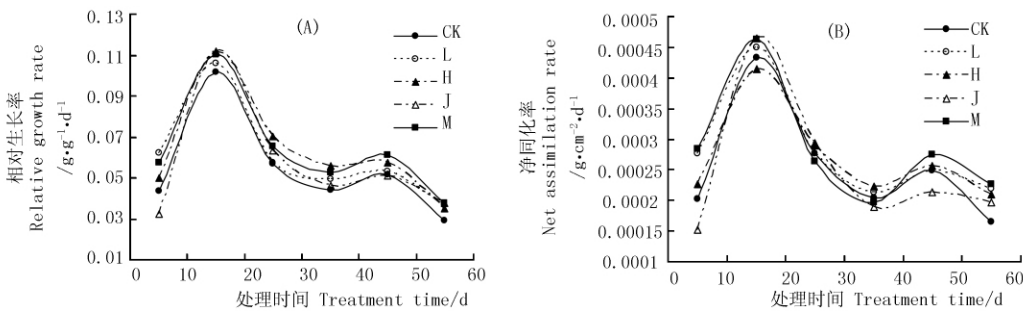


图 1 4 种微生物菌剂对连作黄瓜相对生长率(A)和净同化率(B)的影响

Fig. 1 Effect of Four kinds of microbial agents on relative growth rate(A) and net assimilation rate(B) of the continuous cropping cucumber

总体来看,4 种微生物菌剂处理下连作黄瓜的 RGR 均高于对照,前 40 d 以护根宝处理效果较好,40 d 后以木霉菌肥处理效果较好。40~50 d(结果初期)连荏王、护根宝、金宝贝、木霉菌处理的黄瓜 RGR 分别较 30~40 d 提高了 7.93%、2.69%、11.02%、15.74%,分别是同期对照的 1.04、1.12、1.00、1.19 倍。各处理下黄瓜叶片 NAR 的波动较大,但护根宝和木霉菌肥在处理 40 d 后

(结果期)均表现出较好效果,40~50 d 各处理的 NAR 均较 30~40 d 显著提高,其中以木霉菌肥的提高幅度最大,为 39.09%,同期木霉菌肥和护根宝处理的黄瓜叶片 NAR 分别是对照的 1.10 和 1.03 倍。连荏王处理的黄瓜 RGR 和 NAR 在各个时期较为稳定,也表现出较好效果。以上分析表明木霉菌肥和护根宝更有利于黄瓜后期的生长,对于黄瓜生殖生长及产量形成具重要作用。

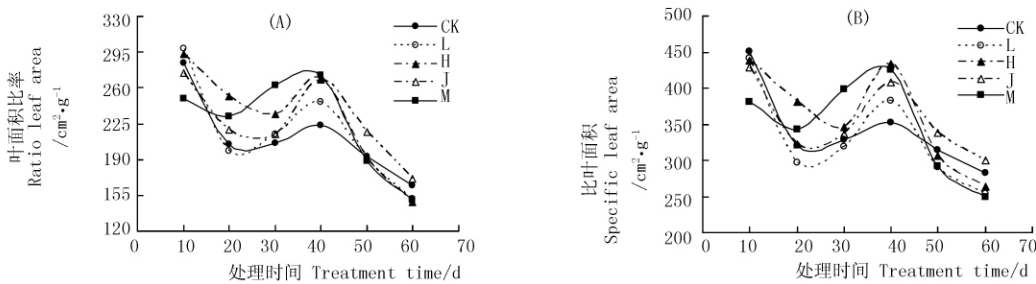


图 2 4 种微生物菌剂对连作黄瓜叶面积比率(A)和比叶面积(B)的影响

Fig. 2 Effect of Four kinds of microbial agents on leaf area ratio (A) and specific leaf area (B) of the continuous cropping cucumber

2.2 不同微生物菌剂处理下连作黄瓜叶面积比率和比叶面积的变化

叶面积比率(LAR)表示叶面积与植株干重之比,一定程度上反应了叶片的相对大小。而比叶面积(SLA)表示叶面积与叶干重之比,一定程度上反应了叶片的相对厚度。由图 2 可看出,LAR 和 SLA 在黄瓜整个生育期内均呈现出降低—升高—再降低的趋势,规律相似。黄

瓜相对叶面积在整个生长期内有 2 次增长高峰,1 次在幼苗生长前期,1 次在临近结果期。而叶片相对厚度也出现 2 次增长高峰,1 次在幼苗生长后期,1 次在结果期。从黄瓜的生活周期来看,在幼苗生长期至结果前,黄瓜主要以地上部分叶片的增大生长为主,随着光合产物的不断积累,地上部叶面积的增长速率逐渐放缓,而转向叶片的增厚生长和植株健壮生长为主。

总体来看,各处理条件下黄瓜的LAR均较对照有所提高。除连荏王外,其余处理的黄瓜SLA也高于对照。连荏王、护根宝、金宝贝、木霉菌处理40 d后黄瓜的LAR分别比同期对照提高10.43%、20.80%、20.09%、21.94%,SLA分别是同期对照的1.08、1.23、1.16、1.21倍。护根宝和木霉菌肥处理的黄瓜LAR、SLA在0~40 d(结果前)处于较高水平,而40 d后(结果期)迅速下降,说明这2种菌剂更有利于黄瓜幼苗生长期叶片的增大生长和黄瓜结果期叶片的增厚生长,这对于光合产物及产量的形成具有重要意义。结合整个生长期和各处理来看,连荏王处理下黄瓜的LAR、SLA在各处理中处于较低水平,这说明施用连荏王对于黄瓜的相对叶面积没有明显增加作用,但能够增加黄瓜叶片的相对厚度。

2.3 不同微生物菌剂处理下连作黄瓜叶重比及叶面积指数的变化

由图3(A)可看出,在黄瓜的整个生长期内,叶片干重占植株总干重的比例(LWR)由初始生长期的60%以上逐渐下降到生长后期的60%以下,呈逐渐递减的趋势,营养生长期下降速度较慢,生殖生长期下降速度加

快,且LWR与生长时间可用二次方程进行拟合并达到显著水平( $y = -5E - 05x^2 + 0.0023x + 0.6361, R^2 = 0.69, P < 0.001, n = 30$ )。这说明黄瓜生长前期主要以叶片生长为主,这一时期积累大量的光合产物为后期的生长奠定了基础。进入生长后期,营养生长逐渐减弱,转向整体植株的健壮生长。总体来看,整个生长期内各菌剂处理条件下黄瓜LWR均高于对照,其中以连荏王效果最好,其次为木霉菌肥,再次为护根宝,这表明微生物菌肥能够促进连作黄瓜叶片的生长。

由图3(B)可看出,叶面积指数(LAI)在黄瓜的整个生长期内呈现慢—快—慢的增长规律,前40 d(营养生长期)叶面积增长速度较快,40 d后(生殖生长期)增长速度逐渐放缓。不同菌肥处理对连作黄瓜LAI的影响存在显著差异,但均高于对照。定植后60 d连荏王、护根宝、金宝贝、木霉菌肥处理的叶面积指数分别比对照增加44.98%、52.85%、21.21%、63.82%。总体来看,木霉菌肥处理的LAI在整个生长期内始终处于最大值,其次为护根宝,但两者之间没有明显差异,再次为连荏王,最后为金宝贝。

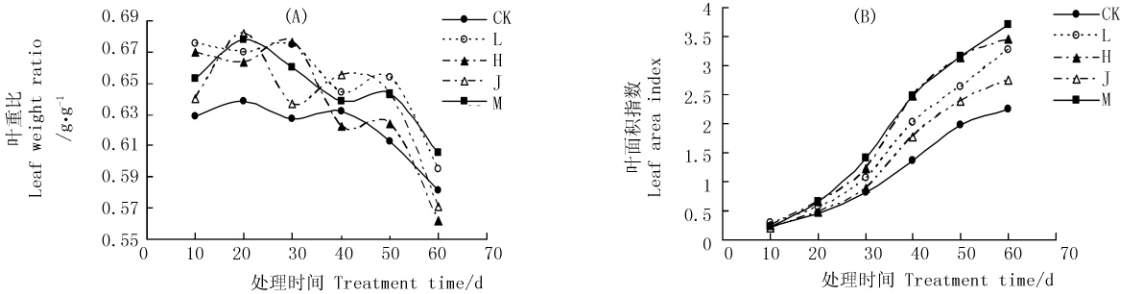


图3 4种微生物菌肥对连作黄瓜叶重比(A)及叶面积指数(B)的影响

Fig.3 Effect of Four kinds of microbial agents on leaf weight ratio (A) and leaf area index (B) of the continuous cropping cucumber

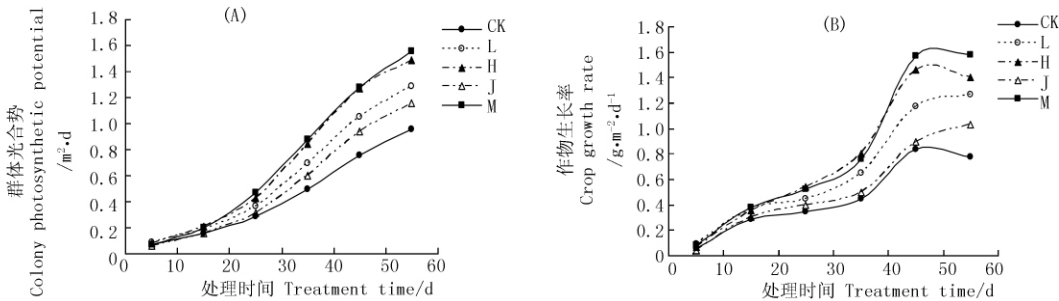


图4 4种微生物菌肥对连作黄瓜群体光合势(A)及作物生长率(B)的影响

Fig.4 Effect of Four kinds of microbial agents on Colony photosynthetic potential (A) and crop growth rate (B) of the continuous cropping cucumber

2.4 不同微生物菌剂处理下连作黄瓜群体光合势及作物生长率的变化

由图4(A)可看出,黄瓜群体光合势(LAD)在整个生

长期内呈现慢—快—慢的趋势,与LAI变化规律相似。4种微生物菌肥均能显著提高连作黄瓜的LAD。50~60 d(结果盛期)连荏王、护根宝、金宝贝、木霉菌肥处理

下黄瓜的 LAD 分别是对照的 1.35、1.55、1.21、1.62 倍。在黄瓜生长的各个时期,均以木霉菌肥处理的 LAD 最高,但与护根宝处理之间没有明显差异,再次为连荏王,最后为金宝贝。以上分析结果表明微生物菌肥处理能够提高连作黄瓜整个生育期内群体绿叶面积的逐日累积速度。

作物在群体生长情况下,其群体产量可以用单位土地面积上的物重来表示。由图 4(B)可看出,10~20 d 黄瓜群体生长率(CGR)有一小的攀升,随后的增幅逐渐减缓,40~50 d 增幅达到最快,随后逐渐稳定甚至减小。50~60 d 对照、连荏王、护根宝、金宝贝及木霉菌肥处理下黄瓜的 CGR 分别是 0~10 d 的 13.39、13.83、20.31、25.44、19.17 倍,以护根宝和金宝贝的增幅较大。10~60 d 连荏王、护根宝、金宝贝、木霉菌肥处理下连作黄瓜 CGR 较对照的增幅分别为 57.40%~62.58%、18.67%~80.01%、30.52%~31.98%、41.67%~102.82%。总体来看,整个生长期木霉菌肥和护根宝处理下连作黄瓜的 CGR 始终维持在较高水平,效果较好,连荏王次之,金宝贝的效果稍差。

### 3 讨论

连作障碍现象在许多作物生产中普遍存在,但是引起连作障碍的原因尚未完全清楚。原因之一可能是连作致使土壤微生物区系发生了变化,有益微生物减少,有害微生物增多,土壤病害蔓延<sup>[7]</sup>。该研究通过微生物菌剂处理黄瓜连作土壤,结果发现其对黄瓜连作障碍具有明显的抑制作用。经过微生物菌剂处理后,连作黄瓜的相对生长率、净同化率、叶重比、叶面积指数、群体光合势、作物生物率均较对照有所提高。原因可能是微生物菌剂中含有大量功能菌,功能菌的迅速繁殖优化了土壤微生物种群结构,活化了土壤酶活性,加快了土壤中

有机物质的分解,促进土壤中固定养分向有效养分的转化,进而促进植株根系及地上部的生长。同时,该研究发现不同微生物菌剂对黄瓜植株不同生长阶段及不同生长指标的影响存在差异,这可能与不同微生物菌剂含有不同的功能菌及其数量有关,建议在实际应用中将这 4 种微生物菌肥组合施用,也许会收到更好的效果。

### 4 小结

4 种微生物菌剂对连作黄瓜生长均有明显的促进作用,各菌肥处理下,连作黄瓜的 RGR、NAR、LWR、LAI、LAD 及 CGR 均较对照有所提高,但不同菌剂之间存在差异;不同菌剂处理下,连作黄瓜的相对生长速率与净同化率、叶面积比率与比叶面积、叶面积指数与群体光合势随时间的变化规律基本相似;综合从各菌剂对连作黄瓜地上部生长的改善效果来看,依次为木霉菌肥>护根宝>连荏王>金宝贝。

### 参考文献

- [1] 贺丽娜,梁银丽,高静,等.连作对设施黄瓜产量和品质及土壤酶活性的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2008,36(5):155-159.
- [2] Dobermann A,Dawe D,Roetter R P,et al.Reversal of rice yield decline in a long-term,continuous cropping experiment[J].Journal of Agronomy (Soil fertility),2000,92:633-643.
- [3] Alvey S,Bagayoko M,Neumann G,et al.Cereal/legume rotations affect chemical properties and biological activities in two West African Soils[J].Plant and Soil,2001,231:45-54.
- [4] 王磊,王兰英,朱朝华,等.玉米连作对其发芽率和苗期生长的影响[J].东北林业大学学报,2009,37(2):53-55.
- [5] 张重义,林文雄.药用植物的化感自毒作用与连作障碍[J].中国生态农业学报,2009,17(1):189-196.
- [6] 杨玉新,王纯立,谢志刚,等.微生物肥对土壤微生物种群数量的影响[J].新疆农业科学,2008,45(1):169-171.
- [7] 吴凤芝,赵凤艳,谷思玉.保护地黄瓜连作对土壤生物化学性质的影响[J].农业系统科学与综合研究,2002,18(1):20-22.

## Growth Analysis of Continuous Cropping Cucumber Under Microbial Fertilizer Treatments

WANG Tao, LI Jian, QIN Juan, AO Yan-song

(School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240)

**Abstract:** A pot experiment was performed to study the effect of four microbial fertilizers ("Lianchawang", "Hugenbao", "Jinbeibao" and Trichoderma fertilizer) on cucumber (*Cucumis sativus* L.) growth under continuous condition. The results showed that the microbial fertilizers improved cucumber growth compared to the control and significant differences existed between microbial fertilizers. Trichoderma and "Hugenbao" microbial fertilizers significantly increased cucumber relative growth rate, net assimilation rate, leaf area index, leaf area duration and crop growth rate and "Lianchawang" microbial fertilizer significantly promoted leaf weight ratio and leaf thickness compared to the control. In general, the order of comprehensive effect on cucumber growth was: trichoderma fertilizer > "Hugenbao" > "Lianchawang" > "Jinbeibao".

**Key words:** microbial fertilizer; continuous cropping obstacle; *Cucumis sativus* L.; growth analysis