

连作及轮作土壤微生物菌群对黄瓜幼苗生长及土壤酶活性的影响

刘 杰 吴凤芝* 周新刚

(东北农业大学园艺学院, 黑龙江哈尔滨 150030)

摘 要: 通过植物-土壤反馈试验, 研究连作及轮作土壤微生物菌群对黄瓜幼苗生长和土壤酶活性的影响。结果表明, 轮作土壤微生物处理黄瓜植株鲜质量、叶绿素含量、土壤中性磷酸酶、蔗糖酶活性显著高于连作土壤微生物处理; 连作及轮作土壤微生物处理增加了黄瓜幼苗干质量、鲜质量、叶绿素含量及总叶面积, 显著提高了土壤中性磷酸酶、蔗糖酶、脲酶活性。综上, 连作及轮作土壤微生物菌群对黄瓜幼苗生长均产生正反馈作用, 并且轮作土壤微生物的正反馈作用大于连作土壤微生物。

关键词: 黄瓜; 连作; 轮作; 土壤酶活性; 植物-土壤反馈

近年来, 人们对自然生态系统地下部分的土壤生态过程和土壤生物多样性的认知不断加强, 越来越清晰地认识到地上植物群落和地下土壤生物群落变化密不可分, 两者之间存在着一种动态的、相互影响的关系。地下微生物群体在决定植物群体生产力、多样性及其组成中扮演着重要的角色 (Bradford et al., 2002; Marschner & Rumberger, 2004; Bell et al., 2005; Bonkowski & Roy, 2005; Hol et al., 2010)。同时, 植物群落组成与多样性的改变会引起土壤营养循环和微生物群落的变化。不同物种组成的植物群落会产生化学性质不同的根际沉积物及凋落物, 从而影响土壤生物群落组成、活性及功能, 并进一步影响土壤中有机质的降解速率和营养释放速率 (Wardle, 2002; Reynolds et al., 2003; Wardle et al., 2004; van der Heijden et al., 2008)。

黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 是设施蔬菜生产中主要的栽培种类, 连作现象普遍存在, 合理的轮作是减轻连作障碍发生的有效途径之一 (吴凤芝

等, 2000)。前人研究发现, 黄瓜连作会改变土壤微生物活性、细菌、真菌及镰刀菌群落结构、数量 (马云华等, 2004; 胡元森等, 2006; Zhou & Wu, 2012; Zhou et al., 2014)。而与连作相比, 合理的轮作会改变土壤微生物区系, 增加土壤微生物群落的多样性, 提高土壤酶活性 (吴凤芝和王学征, 2007; 庄岩等, 2009; Li et al., 2009; Zhou et al., 2011)。同时, 有研究发现微生物多样性可以影响生态系统的功能 (Lau & Lennon, 2011; Schnitzer et al., 2011)。一方面可能由于不同的微生物可以为植物提供不同的限制资源, 进而增强植物的生产力。另一方面, 可能是一些特定的微生物 (如病原菌, 固氮细菌或菌根真菌), 而不是多样性“本身”的存在影响着农业生态系统的功能 (van der Heijden & Wagg, 2013)。Bainard 等 (2013) 研究发现连作与间作系统中的总微生物和丛枝菌根真菌 (AMF) 对作物生长的影响均无显著差异。迄今为止, 增加土壤 (微生物) 的多样性是否有利于农业系统的运作和可持续性仍不确定。

总之, 已有大量研究描述了土壤微生物对不同农业措施的响应, 然而, 目前对于这种土壤微生物多样性的改变对农业生态系统的功能是否有益的研究还处于初级阶段。Wu 等 (2011) 研究发现番茄-芹菜-黄瓜轮作提高了土壤微生物群落的多样性, 增加了作物产量。因此, 为了验证连作及轮作系统

刘杰, 女, 硕士研究生, 专业方向: 设施园艺与蔬菜生理生态, E-mail: 708840599@qq.com

* 通讯作者 (Corresponding author): 吴凤芝, 女, 教授, 博士生导师, 专业方向: 设施园艺与蔬菜生理生态, E-mail: fzwu2006@aliyun.com

收稿日期: 2014-07-16; 接受日期: 2015-01-15

基金项目: 国家大宗蔬菜产业技术体系项目 (CARS-25-08), 国家青年自然科学基金项目 (41401271)

中土壤微生物群落对黄瓜生长的反馈作用, 本试验通过向灭菌大田土中接种黄瓜多年连作及番茄—芹菜—黄瓜轮作的黄瓜茬土壤进行盆栽试验, 探讨连作及轮作土壤中微生物菌群对黄瓜生长的影响, 进一步探讨农业生态系统中植物多样性提高生产力的土壤生物学机理, 为构建良好的微生物区系及选用合理的栽培模式提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验于 2013 年 6~7 月在东北农业大学园艺设施工程中心人工气候室和园艺学院蔬菜生理生态研究室进行。供试黄瓜品种为津优 1 号, 供试土壤为东北农业大学园艺试验站多年连作的黄瓜土壤及番茄—芹菜—黄瓜轮作的黄瓜茬土壤(采用 5 点取样法, 取 0~15 cm 耕层土壤混合均匀后备用), 土壤类型为黑土。基本理化性状: 有机质 3.51%, 碱解氮 146.6 mg·kg⁻¹, 速效磷 284.20 mg·kg⁻¹, 速效钾 341.80 mg·kg⁻¹, pH 7.64, EC 值 0.43 mS·cm⁻¹。

1.2 试验设计

试验采用盆栽方式, 试验土壤过 0.5 cm 筛后, 将灭菌的大田土与灭菌及非灭菌的连作和轮作土按照不同处理设计混合均匀。试验根据接种土是否含有微生物(灭菌和未灭菌土壤)、接种含不同微生物的土壤(连作土壤和轮作土壤), 共设 4 个处理: CS, 94% 的灭菌大田土 + 6% 灭菌连作土壤; C, 94% 的灭菌大田土 + 6% 连作土壤; RS, 94% 的灭菌大田土 + 6% 灭菌轮作土壤; R, 94% 的灭菌大田土 + 6% 轮作土壤。每个处理 3 次重复, 每次重复 10 盆, 随机区组排列。

试验中土壤灭菌均采用高压蒸汽灭菌法: 将待灭菌的土壤装入灭菌袋中, 121 °C, 103 kPa, 灭菌 30 min, 然后放置 48 h, 再重复 2 次以上操作, 将接种后混合均匀的土壤于 1 000 mL 三角瓶中培养, 土壤湿度保持在田间最大持水量的 40%~50%, 20 °C 中暗培养 20 d 后用于定植作物。试验采用直径为 16 cm、高 14 cm 的塑料盆, 每盆装 650 g 土壤, 试验过程中人工气候室空气湿度 75%, 昼/夜时间为 14 h/10 h, 昼/夜温度为 28 °C/18 °C。

种子用 10% 次氯酸钠溶液浸泡 10 min 消毒, 用无菌蒸馏水反复冲洗后, 浸泡于无菌蒸馏水中,

浸种 6 h, 沥干多余水分后用灭菌湿纱布包裹, 置于 28 °C 环境下 12~16 h, 以种子刚刚露芽为最佳, 选取芽长一致的种子播于灭菌的沙子中, 待幼苗 2 片子叶展平时定植于装有上述各处理土壤的塑料盆中, 试验过程中采用称重法(根据前期测得土壤含水量)浇灭菌蒸馏水, 使得各处理的土壤湿度均保持在 60%~70%, 调查各处理 3 d 内的幼苗成活率并及时补苗, 之后进行常规管理。

1.3 样品采集

定植后 20 d, 各重复随机取 3 株进行生长及生理指标的测定, 同时采用抖根法收集不同处理的根区土壤样品, 将采集的土壤样品过 80 目筛, 保存于 4 °C 冰箱中, 用于土壤酶活性的测定。

1.4 测定项目及方法

单株鲜质量、干质量采用分析天平测定。采用三苯基四氮唑氯化物比色法测定脱氢酶活性, 采用磷酸苯二钠法测定中性磷酸酶活性, 采用靛酚比色法测定脲酶活性, 采用 3, 5-二硝基水杨酸比色法测定蔗糖酶活性(关荫松, 1986)。

1.5 数据分析

原始数据整理采用 Microsoft Excel (Office 2003) 软件, 数据处理采用 SAS 8.1 软件, 方差分析使用 ANOVA 过程 (Duncan's 新复极差法, $P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 连作及轮作土壤微生物菌群对黄瓜幼苗生长及生理指标的影响

从表 1 可以看出, R 处理的黄瓜植株鲜质量显著高于 C 处理, 但两处理间的植株干质量无显著差异。CS 处理的黄瓜干质量、鲜质量均显著低于 C 处理。RS 处理的黄瓜干质量、鲜质量均显著低于 R 处理。R 处理的黄瓜叶片叶绿素含量显著高于 C 处理, 但两处理间的黄瓜叶片总叶面积无显著差异。CS 处理的黄瓜叶片总叶面积、叶绿素含量均显著低于 C 处理。RS 处理的黄瓜叶片总叶面积、叶绿素含量均显著低于 R 处理。

2.2 连作及轮作土壤微生物菌群对土壤酶活性的影响

由表 2 可见, R 处理与 C 处理的土壤脱氢酶活性及脲酶活性无显著差异。CS 处理的土壤脱氢酶活性及土壤脲酶活性均显著低于 C 处理。RS 处理

的土壤脱氢酶活性与 R 处理差异不显著, 但 RS 处理的土壤脲酶活性显著低于 R 处理。R 处理的土壤中性磷酸酶活性与土壤蔗糖酶活性均显著高于 C 处理。CS 处理的土壤中性磷酸酶活性与土壤蔗糖酶活性均显著低于 C 处理。RS 处理的土壤中性磷酸酶活性与土壤蔗糖酶活性均显著低于 R 处理。

表 1 连作及轮作土壤微生物菌群对黄瓜幼苗生长及生理指标的影响

处 理	全株鲜质量 g	全株干质量 g	总叶面积 cm ²	总叶绿素含量 mg·g ⁻¹
CS	6.66 ± 0.76 c	1.14 ± 0.24 b	16 383.43 ± 719.52 c	1.72 ± 0.18 c
RS	8.90 ± 0.28 b	1.45 ± 0.08 b	21 402.12 ± 1 135.16 b	2.49 ± 0.07 b
C	9.05 ± 0.32 b	2.07 ± 0.24 a	26 986.83 ± 2 042.97 a	2.57 ± 0.14 b
R	11.20 ± 0.81 a	2.19 ± 0.15 a	26 085.69 ± 532.40 a	3.53 ± 0.16 a

注: 表中同列数据后不同小写字母表示差异显著 (α=0.05), 下表同。

表 2 连作及轮作土壤微生物菌群对土壤酶活性的影响

处 理	脱氢酶活性 μg·g ⁻¹ ·d ⁻¹	脲酶活性 mg·g ⁻¹ ·d ⁻¹	中性磷酸酶活性 mg·g ⁻¹ ·d ⁻¹	蔗糖酶活性 mg·g ⁻¹ ·d ⁻¹
CS	9.58 ± 1.33 b	0.52 ± 0.06 b	0.16 ± 0.04 c	0.43 ± 0.08 c
RS	17.48 ± 0.33 a	0.37 ± 0.07 b	0.16 ± 0.03 c	0.29 ± 0.11 c
C	19.50 ± 1.47 a	1.98 ± 0.29 a	0.34 ± 0.03 b	1.02 ± 0.03 b
R	19.18 ± 1.31 a	2.04 ± 0.22 a	0.40 ± 0.02 a	1.21 ± 0.09 a

3 结论与讨论

土壤微生物在陆地生态系统的运行中起着至关重要的作用, 它催化着生物化学循环中一些不可或缺的转换过程。但是, 在确定土壤微生物对植物生产力以及生态系统进程的研究中面临着巨大的困难, 主要是由于在不改变土壤其他因素或生命体的前提下控制微生物的多样性及丰富度是很不容易的。为此, 许多研究采取在可控的条件下, 即在灭菌的土壤中接种含有不同微生物多样性的土壤来创造不同的微生物群体, 以此来验证土壤微生物对植物生产力及农业生态系统功能的影响 (Brinkman et al., 2012; Bainard et al., 2013), 本试验采用相同的方法在灭菌的大田土中接种连作及轮作土壤不同的微生物群体, 土壤灭菌后消除了土壤中的所有生物, 在适宜的温湿度条件下, 接种的连作及轮作土壤微生物进入到一个养分和空间的无限环境, 在一定时期内会以指数形式迅速繁殖, 从而在不改变其他因素的同时创造了轮作及连作土壤的微生物群体, 并以此验证其对黄瓜的反馈作用。

地下微生物多样性对植物群落的组成、生产力和多样性均有重要的影响 (Reynolds et al., 2003; Ehrenfeld et al., 2005; Kulmatiski et al., 2008)。Lau 和 Lennon (2011) 研究发现“复杂”地下微生物群体促进了芜菁的生长, 增加了叶绿素含量。本试验中, 接种连作及轮作土壤微生物处理均促进了黄瓜植株的干质量、鲜质量、总叶面积、叶绿素含量, 同时提高了土壤脱氢酶、蔗糖酶、中性磷酸酶、脲酶活性。一方面, 可能由于土壤微生物的多样性对营养资源可利用性的影响, 土壤灭菌后, 对土壤养分转化至关重要的微生物菌群被杀灭了, 导致黄瓜对营养的吸收受到限制, 影响黄瓜生长 (阮维斌等, 2001); 另一方面, 可能由于一些特定的微生物会对病原微生物产生抑制作用 (Garbeva et al., 2004), 使得黄瓜生长于更适宜的土壤微生物环境中, 利于黄瓜的生长。

另外, 国内外学者对连作及不同轮作模式后植物的生长及土壤酶的变化也进行了大量研究, 普遍认为不同的轮作模式能够提高土壤酶活性, 改善土壤生物学环境, 有利于提高黄瓜产量品质的形成 (吴凤芝等, 2006; 杨凤娟等, 2009; Wu et al., 2011)。本试验中接种轮作土壤处理的黄瓜植株的鲜质量、叶绿素含量、土壤蔗糖酶活性、中性磷酸酶活性均显著高于接种连作土壤处理, 可能是轮作提高了土壤微生物群落的多样性和稳定性, 从而增加了土壤酶的活性, 促进了黄瓜的生长。

本试验中接种灭菌连作土壤、接种灭菌轮作土壤处理的土壤部分指标之间有差异, 可能是由于试验采用长期连作及轮作的黄瓜茬土壤, 长时间的土壤连作会使得土壤中大量的有害物质及病原菌积累, 虽土壤灭菌后可以消除病原菌的影响, 但仍存在一些灭菌无法完全消除的因素, 可能对黄瓜生长产生影响, 如一些较稳定的有害物质等, 本试验着重探究连作及轮作土壤中微生物菌群的差异, 对接种完全灭菌的连作、轮作土壤处理之间未进行比较, 这种差异产生的具体原因仍需进一步研究。

本试验结果表明, 与灭菌处理相比, 接种连作及轮作土壤处理促进了黄瓜幼苗的生长, 且显著提高了土壤蔗糖酶、中性磷酸酶、脲酶活性。接种轮作土壤处理的黄瓜植株的鲜质量、叶绿素含量、土壤蔗糖酶活性、中性磷酸酶活性均显著高于接种连

作土壤处理,说明连作及轮作土壤微生物菌群对黄瓜幼苗生长、土壤营养均产生正反馈作用,接种轮作土壤处理的反馈作用大于连作土壤。

参考文献

- 关荫松. 1987. 土壤酶及其研究法. 北京: 农业出版社.
- 胡元森, 刘亚峰, 吴坤, 窦会娟, 贾新成. 2006. 黄瓜连作土壤微生物区系变化研究. 土壤通报, 37 (1): 126-129.
- 马云华, 魏珉, 王秀峰. 2004. 日光温室连作黄瓜根区微生物区系及酶活性的变化. 应用生态学报, 15 (6): 1005-1008.
- 吴凤芝, 赵凤艳, 刘元英. 2000. 设施蔬菜连作障碍原因综合分析及防治措施. 东北农业大学学报, 31 (3): 241-247.
- 吴凤芝, 孟立君, 王学征. 2006. 设施蔬菜轮作和连作土壤酶活性的研究. 植物营养与肥料学报, 12 (4): 554.
- 吴凤芝, 王学征. 2007. 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. 中国农业科学, 40 (10): 2274-2280.
- 阮维斌, 王敬国, 张福锁, 李小鸣, 王玉峰, 宿庆瑞. 2001. 溴甲烷土壤灭菌对大豆苗期根系生长的影响. 生态学报, 21 (5): 759-764.
- 杨凤娟, 吴焕涛, 魏珉, 王秀峰, 史庆华. 2009. 轮作与休闲对日光温室黄瓜连作土壤微生物和酶活性的影响. 应用生态学报, 20 (12): 2983-2988.
- 庄岩, 吴凤芝, 杨阳, 尚庆茂. 2009. 轮套作对黄瓜土壤微生物多样性及产量的影响. 中国农业科学, 42 (1): 204-209.
- Bainard L D, Koch A M, Gordon A M, Klironomos J N. 2013. Growth response of crops to soil microbial communities from conventional monocropping and tree-based intercropping systems. Plant and Soil, 363 (1-2): 345-356.
- Bell T, Newman J A, Silverman B W, Turner S L, Lilley A K. 2005. The contribution of species richness and composition to bacterial services. Nature, 436: 1157-1160.
- Bonkowski M, Roy J. 2005. Soil microbial diversity and soil functioning affect competition among grasses in experimental microcosms. Oecologia, 143 (2): 232-240.
- Bradford M A, Jones T H, Bardgett R D, Black H I, Boag B, Bonkowski M, Lawton J H. 2002. Impacts of soil faunal community composition on model grassland ecosystems. Science, 298 (5593): 615-618.
- Brinkman E P, Raaijmakers C E, Bakx-Schotman J M, Hannula S E, Kemmers R H, de Boer W, van der Putten W H. 2012. Matgrass sward plant species benefit from soil organisms. Applied Soil Ecology, 62: 61-70.
- Ehrenfeld J G, Ravit B, Elgersma K. 2005. Feedback in the plant-soil system. Annu Rev Environ Resour, 30: 75-115.
- Garbeva P, van Veen J A, van Elsas J D. 2004. Microbial diversity in soil: selection of microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness. Annual Review of Phytopathology, 42: 243-270.
- Hol W H, de Boer W, Termorshuizen A J, Meyer K M, Schneider J H, van Dam N M, van der Putten W H. 2010. Reduction of rare soil microbes modifies plant-herbivore interactions. Ecology Letters, 13 (3): 292-301.
- Kulmatiski A, Beard K H, Stevens J R, Cobbold S M. 2008. Plant-soil feedbacks: a meta-analytical review. Ecology Letters, 11 (9): 980-992.
- Lau J A, Lennon J T. 2011. Evolutionary ecology of plant-microbe interactions: soil microbial structure alters selection on plant traits. New Phytologist, 192 (1): 215-224.
- Li Q H, Wu F Z, Yang Y. 2009. Effects of rotation and interplanting on soil bacterial communities and cucumber yield. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science, 59 (5): 431-439.
- Marschner P, Rumberger A. 2004. Rapid changes in the rhizosphere bacterial community structure during re-colonization of sterilized soil. Biology and Fertility of Soils, 40 (1): 1-6.
- Reynolds H L, Packer A, Bever J D, Clay K. 2003. Grassroots ecology: plant-microbe-soil interactions as drivers of plant community structure and dynamics. Ecology, 84 (9): 2281-2291.
- Schnitzer S A, Klironomos J N, Hillerislambers J, Kinkel L L, Reich P B, Xiao K, Scheffer M. 2011. Soil microbes drive the classic plant diversity-productivity pattern. Ecology, 92 (2): 296-303.
- van der Heijden M G A, Bardgett R D, van Straalen N M. 2008. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. Ecology Letters, 11 (3): 296-310.
- van der Heijden M G A, Wagg C. 2013. Soil microbial diversity and agro-ecosystem functioning. Plant and Soil, 363 (1-2): 1-5.
- Wardle D A. 2002. Communities and ecosystems: linking the aboveground and belowground components. New Jersey: Princeton University Press.
- Wardle D A, Bardgett R D, Klironomos J N, Setälä H, van der Putten W H, Wall D H. 2004. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. Science, 304 (5677): 1629-1633.
- Wu F Z, Yu H Y, Yu G B, Pan K, Bao J. 2011. Improved bacterial community diversity and cucumber yields in a rotation with kidney bean-celery-cucumber. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science, 61 (2): 122-128.
- Zhou X Z, Yu G B, Wu F Z. 2011. Effects of intercropping cucumber with onion or garlic on soil enzyme activities, microbial communities and cucumber yield. European Journal of Soil Biology, 47 (5): 279-287.
- Zhou X G, Wu F Z. 2012. Dynamics of the diversity of fungal and Fusarium communities during continuous cropping of cucumber in the greenhouse. FEMS Microbiology Ecology, 80 (2): 469-478.
- Zhou X G, Gao D M, Liu J, Qiao P L, Zhou X L, Lu H B, Wu X, Liu D, Jin X, Wu F Z. 2014. Changes in rhizosphere soil microbial communities in a continuously monocropped cucumber (*Cucumis sativus* L.) system. European Journal of Soil Biology, 60: 1-8.

不同辣椒品种对南方根结线虫的抗性评价

刘大伟¹ 孙萌萌² 刘秀杰³ 吴海燕^{2*}

(¹东北农业大学农学院, 黑龙江哈尔滨 150030; ²广西大学农学院, 广西南宁 530004; ³黑龙江省齐齐哈尔市园艺研究所, 黑龙江齐齐哈尔 161000)

摘要: 采用室内盆栽辣椒人工接种法, 鉴定了 24 个我国北方地区主栽的辣椒品种对南方根结线虫的抗性。结果表明, 11 个辣椒品种对南方根结线虫表现为高抗, 3 个辣椒品种表现为中抗, 7 个辣椒品种表现为抗病, 3 个辣椒品种表现为高感。

关键词: 南方根结线虫; 辣椒; 抗性评价

近年来随着我国节能型日光温室的普遍推行, 集约化栽培以及复种指数的提高, 辣椒根结线虫病的发生区域不断扩大, 危害日益严重, 越来越受到人们的重视。在我国从北到南均有辣椒根结线虫病的发生, 主要分布于黑龙江、辽宁、山东、新疆、湖北、湖南、广东、福建、海南等省(区), 主要

发生在我国南方。防治根结线虫病是当今世界性难题, 选择抗根结线虫品种是最经济、最有利的措施 (Nebel et al., 1994)。因此, 开展辣椒品种抗线虫鉴定研究对辣椒生产及抗线虫育种均具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 辣椒品种

供试的辣椒品种 (*Capsicum annuum* L.) 名称和来源见表 2。将辣椒种子在阳光下曝晒 2 d, 再用 25~30 °C 的温水浸泡 12 h, 然后将种子置于铺有湿纸巾的培养皿中, 用保鲜膜封口, 放入 28 °C 恒温箱中, 待种子发芽率 80% 左右时选取芽长一致的

刘大伟, 男, 博士, 副教授, 专业方向: 植物病原线虫学, E-mail: liudawei353@163.com

* 通讯作者 (Corresponding author): 吴海燕, 女, 博士, 教授, 专业方向: 植物病原线虫学, E-mail: wuhy@gxu.edu.cn

收稿日期: 2014-06-13; 接受日期: 2014-10-16

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2013AA102903), 黑龙江省自然科学基金项目(C201428)

Effect of Soil Microbial Communities in Continuous Cropping and Rotated Cropping Systems on Cucumber Seedling Growth and Soil Enzyme Activity

LIU Jie, WU Feng-zhi*, ZHOU Xin-gang

(College of Horticulture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang, China)

Abstract: This paper studied the effects of microorganism population in continuous and rotated cropping on cucumber seedling growth and soil enzyme activity. The results showed that in rotated cropping microbial treatment, the fresh weight, chlorophyll content, the activities of neutral phosphatase and invertase of cucumber seedlings were significantly higher than that in continuous cropping microbial treatment. Both the continuous and rotated cropping microbial treatments had increased the fresh and dry weights, chlorophyll contents, total leaf area of cucumber seedling, and significantly increased the activities of soil neutral phosphatase, invertase, urease. Summing up the above, soil microorganism population in both cropping systems had a positive effect on the growth of cucumber seedling, and the positive effect on soil microorganism population in rotated cropping was stronger than that in continuous cropping.

Key words: Cucumber; Continuous cropping; Rotated cropping; Soil enzyme activity; Plant-soil feedback