

不同前茬下放线菌制剂对番茄与辣椒产量和品质的影响

石国华¹, 梁银丽^{1,2}, 要晓玮¹, 曾睿¹, 穆兰²

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 采用田间试验和实验室分析相结合的方法, 以辣椒(*Capsicum frutescens* L.)和番茄(*Lycopersicon esculentum* Miller)为研究对象, 选择青笋(*Lactuca sativa*)、大蒜(*Allium sativum* L.)和小麦(*Triticum aestivum* L.)为前茬, 在每个前茬下设立不施放线菌制剂和施放线菌制剂 2 个处理, 通过测定不同处理番茄和辣椒的产量及品质, 研究了不同前茬下放线菌制剂对其产量及品质的影响, 为番茄和辣椒选择适宜前茬及改善品质提供科学依据。结果表明, 施放线菌制剂辣椒各营养品质指标均显著高于不施放线菌($p < 0.05$), 其中 Vc 含量小麦茬显著高于青笋茬、大蒜茬, 分别提高了 39.4%, 45.3%; 施放线菌后辣椒可溶性糖、辣椒素含量分别提高了 9.4%, 33.3%。小麦茬施放线菌制剂番茄果实 Vc、蛋白质、可溶性糖、有机酸含量均比不施放线菌制剂分别提高了 12.1%, 14.0%, 9.5%, 39.8%。大蒜茬施放线菌制剂辣椒和番茄产量均显著高于不施放线菌制剂, 分别提高了 9.4%, 13.7%。施放线菌制剂显著改善了小麦茬番茄和辣椒品质, 并显著提高了大蒜茬番茄和辣椒产量。

关键词: 前茬作物; 放线菌制剂; 番茄; 辣椒

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)01-0275-05

中图分类号: S641

Effects of Actinomycetes on Yields and Qualities of Tomato and Pepper Under Different Fore Crops

SHI Guo-hua¹, LIANG Yin-li^{1,2}, YAO Xiao-wei¹, ZENG Rui¹, MU Lan²

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The method combining field trial with laboratory analysis was employed in the study, by taking pepper(*Capsicum frutescens* L.) and tomato(*Fructus lycopersici*) as the research objects and choosing lettuce(*Lactuca sativa* L.), garlic(*Allium sativum* L.) and wheat(*Triticum aestivum* L.) as the fore crops. The yields and qualities of pepper and tomato under actinomycetes and no actinomycetes treatments were determined in the three different fore crops. The purpose of the study was to provide a theoretical basis for a reasonable rotation mode and increase the yields and qualities of pepper and tomato. Results showed that the pepper nutritional quality index in actinomycetes treatment was significantly higher than that in no actinomycetes($P < 0.05$). The wheat stubble of the Vc content was significantly higher than the lettuce crop and garlic crop, increased by 39.4% and 45.3%; and the soluble sugar and capsaicin of pepper were increased by 9.4% and 33.3%, respectively. The Vc content, protein, soluble sugar and organic acid content of tomato were increased by 12.1%, 14.0%, 9.5% and 39.8%, respectively. Meanwhile, the yields of the pepper and tomato under garlic fore crop were dramatically increased by 9.4% and 13.7% in the actinomycetes treatment. The application of actinomycetes in the wheat stubble dramatically improved the qualities of pepper and tomato and in the garlic stubble, significantly increased the yields of pepper and tomato.

Keywords: fore crop; actinomycetes; tomato; pepper

收稿日期: 2012-01-15

修回日期: 2012-03-19

资助项目: 国家“十二五”科技支撑项目“丘陵沟壑区高效农业关键技术集成与示范”(2011BAD31B0504); 中国科学院重要方向项目“不同退耕还林草措施对生态系统 C 循环的影响方式及程度”(KZCX2-YW-443-3)

作者简介: 石国华(1986—), 女(汉族), 河北省石家庄市人, 硕士研究生, 主要研究方向为作物生理生态。E-mail: mynameissshg@126.com。

通信作者: 梁银丽(1957—), 女(汉族), 陕西省咸阳市人, 博士研究生, 研究员, 博士生导师, 主要研究方向为农业生态及作物生理生态。E-mail: liangyl@ms.iswc.ac.cn。

随着蔬菜生产专业化和生产成本提高,蔬菜地合理轮作是提高菜地利用率的重要措施,然而不合理的轮作往往会导致土壤中某一营养元素严重亏缺。为解决这一问题,实际应用中把每种作物放在合适的位置上,并考虑前茬对后茬的影响,用地与养地相结合,多种作物合理搭配。轮作在一定程度上可以减轻病害^[1-2],对解决连作障碍问题有着积极的作用^[3],这在农业生产上早已被认识。轮作可以提高土壤有机质含量,增加土壤微生物及土壤酶活性^[4]。轮作对作物的影响也一直受到国内外学者的关注,并已取得显著的研究进展^[5],但是哪种轮作体系更有利提高作物产量及品质,却少见报道。

土壤微生物是衡量土壤肥力的一个重要指标,也是土壤物理化学特性的综合反映。土壤中有大量的微生物在活动,特别是在植物根际,通过其中所含微生物的生命活动,增加植物养分的供应量或促进植物生长,改善农产品品质及农业生态环境^[6-7]。研究表明,施放线菌制剂对番茄有促生作用,使番茄根系 PPO 活性升高,增强番茄根系的免疫力^[8]。此外,施放线菌对辣椒根系生长有明显促进作用,可增加辣椒根内细菌和放线菌的数量,提高辣椒产量^[9]。然而在不同前茬下施放线菌制剂对提高这 2 种蔬菜品质和产量方面,缺乏系统的研究。本试验以辣椒和番茄为对象,研究在青笋茬、大蒜茬和小麦茬 3 个不同前茬下,施放线菌制剂对其产量和品质的影响,为辣椒和番茄选择合理的前茬和放线菌处理组合,生产优质、高产蔬菜提供基础依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2010 年 10 月—2011 年 10 月在西北农林科技大学水土保持研究所试验场进行,试验地土壤为塿土。小区长 6 m,宽 2.4 m,面积 14.4 m²。相邻小区用埋深 60 cm 的隔水墙隔开,防止水分养分侧渗。2010 年 10 月试验前 0—20 cm 土层性状为:有机质 15.14 g/kg,碱解氮 62.28 mg/kg,速效磷 26.31 mg/kg,速效钾 70.20 mg/kg, pH 值 8.2。

1.2 试验设计

试验采用裂区设计。设青笋 (*Lactuca sativa* L., 简称 A)、大蒜 (*Allium sativum* L., 简称 G) 和小麦 (*Triticum aestivum* L., 简称 W) 3 个前茬,重复 3 次,均于 2010 年 10 月中旬种植,水肥处理相同,土壤均匀一致。在下茬辣椒和番茄试验进行时,每个前茬下设 2 个处理:不施放线菌制剂 (*actinobacteria*, 简称

NA)、施放线菌 (简称 A)。辣椒和番茄各有 6 个处理。

供试辣椒品种为“绿丰椒王”,辣椒苗高 20 cm 左右时移栽,每小区定植 4 行,株距 0.4 m,行距 0.6 m,每穴 2 株。供试番茄品种为“玫瑰黑樱桃”,番茄苗 6 叶期移栽,每小区定植 4 行,株距 0.5 m,行距 0.6 m,每穴 1 株。青笋茬和大蒜茬均于 2011 年 5 月 10 日定植番茄和辣椒;小麦茬于 2011 年 5 月 30 日定植番茄和辣椒。6 月中旬在每茬 NA 区、A 区分别施入有机肥 700 kg/hm²,化肥 80 kg/hm²。化肥为尿素,磷酸二铵,氧化钾 3 种等量混合,将固态化肥溶于水后,均匀浇入定植沟内;每茬 A 区施放线菌制剂 40 g 与有机肥混合均匀撒入定植沟内,通过锄地使其与土壤充分接触。在 8 月 22 日施化肥 80 kg/hm²,按肥水 1:100 比例追施 1 次化肥。栽培管理与大田相同,土层 60 cm 内灌水量控制在田间最大持水量的 70%~85%。

1.3 测试指标与方法

1.3.1 品质测定 辣椒、番茄果实各项营养品质指标均在盛果期测定 2 次 (辣椒在 8 月 16 日,9 月 11 日;番茄在 8 月 23 日,9 月 22 日),每次测定重复 3 次。每茬 NA 区、A 区分别选取长势均匀、生理成熟度一致的 20 个成熟辣椒、番茄果实,用榨汁机榨成匀浆,用钼蓝比色法^[10]测定维生素 C (Vc) 含量,用萘酚比色法^[10]测定可溶性糖含量,用紫外分光光度法^[10]测定可溶性蛋白质含量及硝酸盐含量,采用香兰素—亚硝酸钠比色法^[10]测定辣椒的辣椒素含量,用 NaOH 滴定法^[10]测定番茄有机酸含量。

1.3.2 产量测定 从 2011 年 7 月 20 日到 2011 年 9 月 30 日每隔约 13 d 对生理成熟辣椒果实采摘,做动态记录,最后求出总产量。番茄果实从 2011 年 8 月 3 日到 2011 年 10 月 2 日每隔 10 d 对生理成熟果实采摘,做动态记录,最后求出番茄总产量。

1.3.3 土壤养分测定 在植株生长盛期测定 2 次,每小区随机选取 3 个样点,采集 3 份 0—20 cm 土层的土样,风干后进行室内分析。用稀释法测定有机质^[11],用 0.5 mol/L NaHCO₃ 法测定速效磷^[11],用 NH₄OAc 浸提法,火焰光度法测定速效钾^[11],用碱解氮扩散法测定碱解氮^[11]。

1.3.4 土壤酶测定 取混合新鲜样进行室内分析。用苯酚一次氯酸法测定土壤脲酶^[11],用 KMnO₄ 滴定法测定土壤过氧化氢酶^[11]。

数据采用 SAS 8.0 进行分析,LSD 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同前茬下放线菌制剂对辣椒品质的影响

小麦茬的辣椒施放线菌制剂使各营养指标含量均显著提高,尤其是 Vc 含量较莴笋茬、大蒜茬分别提高了 39.4%,45.3%。表 1 反映了前茬与放线菌制剂对辣椒果实品质的影响。

表 1 前茬与放线菌制剂对辣椒果实品质的影响

处理	Vc/ (mg · 100g ⁻¹)	蛋白质/ (mg · g ⁻¹)	可溶性糖/ (mg · g ⁻¹)	辣椒素/ (mg · g ⁻¹)	硝酸盐/ (mg · g ⁻¹)
A—NA	38.7±0.1a	4.25±0.2a	26.4±0.1a	0.06±0.0b	66.8±1.9a
A—A	32.6±0.2b	2.95±0.1b	26.6±0.1a	0.11±0.0a	64.8±0.3a
G—NA	33.4±0.3a	4.70±0.4a	24.5±0.1a	0.09±0.0a	60.4±0.5b
G—A	29.5±0.1b	2.55±0.5b	21.8±0.1a	0.12±0.0a	75.2±0.7a
W—NA	37.6±0.7b	3.54±0.7a	23.9±0.1b	0.14±0.0b	75.3±0.9b
W—A	53.9±0.7a	3.62±0.3a	26.4±0.1a	0.21±0.0a	83.2±1.4a

注:A—NA 为青笋茬不施放线菌制剂;G—NA 为大蒜茬不施放线菌制剂;W—NA 为小麦茬不施放线菌制剂;A—A 为青笋茬施放线菌制剂;G—A 为大蒜茬施放线菌制剂;W—A 为小麦茬施放线菌制剂。同列数据后不同小写字母分别表示在 5%水平上差异显著。“±”号后数值指的是标准误。下同。

2.2 不同前茬下放线菌制剂对番茄品质的影响

小麦茬施放线菌制剂使番茄果实 Vc、蛋白质、可溶性糖、有机酸含量分别显著提高 12.1%,14%,9.5%,39.8%(表 2)。大蒜茬施放线菌制剂对番茄果实品质无显著影响。青笋茬施放线菌制剂与不施对番茄果实 Vc、可溶性糖含量无显著差异,而蛋白质、有机酸含量在施放线菌制剂后显著降低。说明小麦茬施放线菌制剂利于改善番茄果实品质。

表 2 前茬与放线菌制剂对番茄果实品质的影响

处理	Vc/ (mg · 100 g ⁻¹)	蛋白质/ (mg · g ⁻¹)	可溶性糖/ (mg · g ⁻¹)	有机酸/ (mg · g ⁻¹)
A—NA	19.9±0.9a	3.19±0.1a	26.4±0.1a	7.6±0.0a
A—A	20.9±0.8a	2.87±0.1b	26.6±0.1a	6.0±0.0b
G—NA	17.9±0.3a	3.15±0.2a	24.5±0.1a	7.5±0.0a
G—A	17.8±0.2a	3.14±0.0a	21.8±0.1a	7.8±0.1a
W—NA	16.8±0.3b	4.06±0.1b	23.9±0.0b	5.3±0.0b
W—A	19.1±0.1a	4.72±0.0a	26.4±0.1a	8.8±0.0a

2.3 不同前茬下放线菌制剂对辣椒和番茄产量的影响

大蒜茬施放线菌制剂较不施使番茄和辣椒的产量提高了 13.7%,9.4%(图 1)。青笋茬施放线菌制剂使辣椒产量提高 19.9%,对番茄产量无显著影响。小麦茬施放线菌制剂对辣椒产量无显著影响,对番茄产量有所降低。这可能是由于小麦根系分布较深,生长期可吸收利用较多深层的养分,而不利于番茄和辣椒产量的提高。

小麦茬的辣椒施放线菌制剂使可溶性糖、辣椒素含量较不施提高 9.4%,33.3%,而青笋茬、大蒜茬施用放线菌制剂与不施无显著差异;青笋茬的辣椒素含量施放线菌制剂较不施有所提高,而 Vc、蛋白质和硝酸盐含量降低;大蒜茬 Vc、蛋白质、可溶性糖含量施放线菌制剂较不施降低,而辣椒素、硝酸盐含量升高。总之,小麦茬施放线菌制剂有利于辣椒品质的改善。

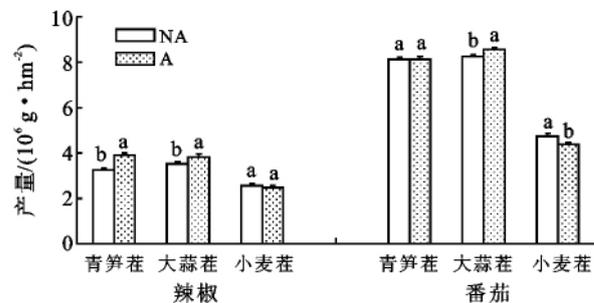


图 1 不同前茬下放线菌制剂对辣椒和番茄产量的影响

2.4 不同前茬和放线菌制剂对土壤生物化学性质的影响

不同前茬下放线菌制剂对土壤生物化学指标呈现显著差异(表 3)。大蒜茬较青笋茬和小麦茬施放线菌制剂使土壤有机质、碱解氮、脲酶和土壤过氧化氢酶含量显著提高,这与大蒜茬施放线菌制剂显著提高辣椒产量密切相关。大蒜茬施放线菌制剂较不施使碱解氮、速效磷、速效钾及土壤过氧化氢酶含量显著提高 54.7%,95.6%,14.7%及 9.5%,脲酶和有机质含量无显著性差异。

2.5 前茬和放线菌制剂对番茄和辣椒品质及产量效应的差异性

不同作物对土壤效应不同,对后茬作物影响也不同。研究表明,在青笋、大蒜和小麦 3 个前茬处理下,辣椒果实中可溶性糖、可溶性蛋白质和干物质含量均以小麦茬最高^[12]。前茬为番茄的黄瓜可溶性糖含量

较高^[13]。本研究中不同前茬下施放线菌制剂使辣椒果实 Vc 含量均具显著差异,其中以小麦茬最高;小麦茬番茄施放线菌制剂使品质指标均有显著改善,而大蒜茬和青笋茬整体差异不显著。

表 3 不同前茬与放线菌制剂对土壤生物化学性质的影响

处理	有机质/ (g · kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg · kg ⁻¹)	速效磷/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · g ⁻¹)	脲酶/ (μg · g ⁻¹)	过氧化酶/ (mg · g ⁻¹)
A—NA	16.3c	8.40d	41.9c	142.7cd	1.07d	28.7d
G—NA	19.4a	12.6c	42.9c	135.2d	2.50a	40.5b
W—NA	17.4bc	12.2c	34.2d	149.4bc	1.36c	23.6e
A—A	18.9ab	13.5c	84.7a	166.1a	1.35c	34.6c
G—A	20.4a	19.5a	84.1a	155.1b	2.58a	44.3a
W—A	17.2c	16.2b	65.6b	156.0b	1.69b	32.4c

在不同前茬下施放线菌制剂与不施对番茄和辣椒产量影响有明显差异。在不同前茬土壤上种植同一作物后,获得的根系分泌物种类与性质不同^[14],对下茬作物生长发育及产量影响不同。大蒜茬和莴笋茬能够提高线辣椒果实产量^[15]。苗床拌土接种生防菌可显著改变辣椒根域微生物组成和数量,具有明显的促生、增产作用^[16]。

本研究中大蒜茬施放线菌制剂使番茄和辣椒产量均显著提高,一方面可能由于大蒜茬的根系较浅,养分利用在土壤浅层,番茄根系深可较多地利用下层土壤养分,促进植株生长达到高产,另一方面可能由于大蒜根系分泌的大蒜素抑制了某些病原的产生。

3 讨论

选择合适的前茬对后茬作物的品质将会有一定促进作用。小麦茬比甜菜茬更能提高春大麦籽粒中的粗蛋白质含量^[17]。大豆—小麦轮作提高了小麦籽粒蛋白质含量^[18]。研究表明,微生物肥料能促进黄瓜的生长发育,显著提高黄瓜可溶性糖和 Vc 含量,改善产品口味,且能显著降低硝酸盐含量^[19]。本研究中,小麦茬施放线菌制剂较不施使番茄和辣椒品质显著提高,说明小麦茬施放线菌制剂有利于番茄和辣椒品质的改善。

不同前茬下施放线菌制剂较不施对番茄和辣椒产量影响亦不同。大蒜茬中含有大量的有机成分,进入土壤后在微生物的作用下被植物吸收利用,而且大蒜中含有大量的抑菌成分^[20],抑制土壤中的病原菌,利于植株的生长。

本研究中,大蒜茬施放线菌制剂使番茄和辣椒产量均显著提高。小麦茬施放线菌制剂的辣椒产量无显著影响,而使番茄产量降低。研究表明,施放线菌制剂对茄子的根系和总生物量的增幅很大,但对应产量提高幅度较小^[21]。可能是由于小麦茬施放线菌制

剂增大了辣椒根系的生物量及总生物量,使之产量无显著增加。

前茬对后茬作物的影响主要是通过前茬根系分泌物对土壤微生物种类与性质、土壤养分状况的改变而实现的。不同作物根系分泌物不同,对后茬作物的影响也不同。蔬菜与玉米轮作可大幅度降低土壤电导率和硝态氮含量^[22]。

本研究中小麦茬施放线菌制剂使番茄产量降低,可能由于小麦是深根系作物,生长期可吸收利用较多深层养分,从而大大降低深层养分含量,导致小麦茬番茄产量降低。也可能是小麦茬较青笋茬和大蒜茬收获期较晚所致,青笋茬和大蒜茬均于 5 月初定植番茄和辣椒,而小麦茬于 5 月底定植番茄和辣椒。轮作有利于提高土壤转化酶、过氧化氢酶、脲酶和多酚氧化酶活性^[23]。土壤过氧化氢酶活性提高,氧化作用增强,促进了过氧化氢分解,减轻了对植物根系的毒害作用^[24],有利于作物生长发育。而且,土壤酶对因环境或管理因素引起的变化较敏感,具有时效性,土壤酶活性的高低可以反映土壤养分(尤其是 N,P)转化的强弱。

本研究中大蒜茬施放线菌制剂使番茄和辣椒产量显著提高,而且有机质、碱解氮、尿酶及过氧化氢酶含量显著提高。所以,施放线菌制剂对大蒜茬土壤养分含量的显著提高为实现大蒜茬番茄和辣椒的高产奠定了良好基础。关于施放线菌制剂对土壤中微生物菌落的变化机理有待进一步研究。

4 结论

施放线菌制剂对番茄和辣椒的品质及产量影响各具差异。小麦茬施放线菌制剂有利于辣椒品质改善,使可溶性糖和辣椒素含量提高,尤其 Vc 含量提高。小麦茬施放线菌制剂使番茄的蛋白质、可溶性糖和有机酸含量提高;大蒜茬施放线菌制剂使番茄和辣

椒产量均显著提高。因此,小麦茬施放线菌制剂使番茄和辣椒品质显著改善,大蒜茬施放线菌制剂显著提高番茄和辣椒产量。

[参 考 文 献]

- [1] 金扬秀,谢关林,孙祥良,等. 大蒜轮作与瓜类枯萎病发病的关系[J]. 上海交通大学学报, 2003,21(1):10-12.
- [2] McDonald G K, Peck D. Effects of crop rotation, residue retention and sowing time on the incidence and survival of ascochyta blight and its effect on grain yield of field peas(*Pisum sativum* L.)[J]. Field Crops Research, 2009,111(1/2):11-21.
- [3] James W R, Aydin T. Vegetation and soil respiration: Correlation and controls[J]. Biogeochemistry, 2000,48(1):71-90.
- [4] Ennin S A, Clegg M D. Effect of soybean plant populations in a soybean and maize rotation[J]. Agronomy Journal, 2001,93(2):396-403.
- [5] 吴艳飞,高丽红,李红岭,等. 连作温室夏季不同利用模式对黄瓜产量及土壤环境影响[J]. 中国农业科学, 2006,39(12):2551-2556.
- [6] 葛均青,于贤昌,王竹红. 微生物肥料效应及其应用展望[J]. 中国生态农业学报,2003,11(3):87-88.
- [7] Vessey J K. Plant growth promoting rhizo bacteria as biofertilizers[J]. Plant Soil, 2003,255(2):571-586.
- [8] 陈秦,薛泉宏,申光辉,等. 放线菌制剂对番茄 PPO 活性及生物量的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2010,38(3):184-188.
- [9] 涂璇,薛泉宏,张宁燕,等. 辣椒疫病生防放线菌筛选及其对辣椒根系微生物区系的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2007,35(6):141-146.
- [10] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安:世界图书出版公司,2000:138,142,162.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2005.
- [12] 贾文燕,梁银丽,白彩虹,等. 不同前茬作物对辣椒生长发育和产量及品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2010,38(5):119-124.
- [13] 贺丽娜,梁银丽,熊亚梅,等. 不同前茬对设施黄瓜产量和品质及土壤酶活性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2009,17(1):24-28.
- [14] Shamie Z, Murwira H K, Delve R J, et al. Variable grain legume yields responses to phosphorus and rotational effects on maize across soil fertility gradients on African small holder farms[J]. Nutr. Cycl. Agroecosyst., 2008,80(1):1-18.
- [15] 贾文燕,梁银丽,白彩虹,等. 不同前茬对线辣椒生长生理和品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011,29(1):151-156.
- [16] 郭志英,薛泉宏,张晓鹿,等. 生防菌苗床接种对辣椒根域微生物生态及产量的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2008,36(4):159-165,170.
- [17] Pnkopa M, Richter R, Zimolka J, et al. The influence of the year, fore crops and fertilization on yield and content of crude protein in spring barley [J]. Plant Soil Environ., 2005,51(3):144-150.
- [18] Galantini J A, Landriscini M R, Iglesias J O, et al. The effects of crop rotation and fertilization on wheat productivity in the Pampean semiarid region of Argentina: 2. Nutrient balance, yield and grain quality[J]. Soil & Tillage Research, 2000,53(2):137-144.
- [19] 王明友,李光忠,杨秀凤,等. 微生物菌肥对保护地黄瓜生育及产量品质的影响研究初报[J]. 土壤肥料,2003(3):38-40.
- [20] 程智慧,宋莉,孟焕文,等. 大蒜鳞茎粗提物对黄瓜枯萎病的抑菌作用和防病效果[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2008,36(5):113-118.
- [21] 牛瑞生,樊建英,赵璇,等. 康熙 1 号放线菌制剂对茄子生长及产量的影响[J]. 河北农业科学, 2010,14(5):41-42.
- [22] Ayoubi S, Shalika O H, Khormali F, et al. Responses of soil quality indicators to three crop rotation systems in paddy soils in Northern Iran[C]. 15th ISCO Congress Programme on "Soil Rehabilitation and Management". Budapest Hungary, 2008:1-4.
- [23] 孟艳玲,刘子英,李季. 菜粮轮作对温室土壤盐分和硝态氮含量的影响[J]. 河南农业科学,2006(10):81-85.
- [24] 杨凤娟,吴焕涛,魏珉,等. 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[J]. 应用生态学报, 2009,20(12):2983-2988.