

张丽娜,塔秀成,黄伟,等.微生物菌肥对萝卜土壤微生物及酶活性的影响[J].江苏农业科学,2018,46(15):93-96.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.15.025

# 微生物菌肥对萝卜土壤微生物及酶活性的影响

张丽娜<sup>1</sup>,塔秀成<sup>1</sup>,黄伟<sup>1</sup>,李文杰<sup>1</sup>,苗丁丁<sup>1</sup>,王玉丽<sup>2</sup>,李刚<sup>3</sup>

(1.河北北方学院农林科技学院,河北张家口 075000; 2.河北省涿鹿县农牧局,河北涿鹿 075600;  
3.河北省尚义县绿农植物医院,河北尚义 675750)

**摘要:**为了研究施入微生物菌肥对冀西北坝上地区萝卜田土壤微生物数量及酶活性的影响,以萝卜土壤为研究对象,设置 6 个处理,在不同萝卜生长期取土样测定微生物数量及酶活性。结果表明,在萝卜同一生长期,各处理土壤细菌、放线菌数量均多于 CK;在整个生长期,处理复合肥+木美土里复合微生物菌肥+中微量元素肥料(MR)和处理复合肥+木美土里复合微生物菌肥+育苗宝贝菌剂(MY)细菌数量均先增加后减少再增加,放线菌数量各处理均表现为先增加后减少的趋势;真菌数量各处理均表现为先增加后减少的趋势,且收获期较苗期大幅度降低,其中以处理 MR、MY 降幅最大,CK 降幅最小;土壤脲酶和转化酶活性均呈下降趋势,过氧化氢酶均呈升高趋势。因此,施入微生物菌肥有利于改善土壤微生物结构,促进了土壤中细菌和放线菌的繁殖,抑制了真菌生长;提高土壤脲酶、转化酶、过氧化氢酶活性。表现突出的处理为 MR 和 MY。

**关键词:**微生物菌肥;萝卜;土壤微生物;土壤酶活性

**中图分类号:** S144.1;S631.106

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-1302(2018)15-0093-04

萝卜为十字花科萝卜属,是冀西北坝上地区主栽蔬菜品种之一,也是调整该区种植业结构中发展较快的蔬菜作物,面积已达 6 000 hm<sup>2</sup>,市场前景十分广阔<sup>[1]</sup>。近年来,由于受到耕地面积、种植习惯、耕地政策、市场需求、市场专业化等因素

的影响,种植者为追求利益最大化,很少考虑轮作倒茬;同时,过量地施用化肥,导致萝卜产量和品质下降<sup>[2]</sup>,乃至失去商品价值甚至被绝收。由于根腐病等病害大面积发生,农药用量急剧增加,最终导致环境污染加剧;因此,土壤质量恶化等负效应已不容忽视。

土壤微生物的种类和数量是衡量土壤活力的重要指标。土壤中微生物数量的变化,会直接或间接地影响土壤中养分的转化<sup>[3]</sup>。而土壤酶活性和土壤肥力之间又存在良好的相关性,不少学者将土壤中各种酶的活性变化作为判断土壤肥力的标准之一<sup>[4-6]</sup>。可见,土壤微生物和各种酶的作用共同影响着土壤的物质转化与能量流动,其活性大小可作为评价土壤肥力的重要指标之一,因而受到更多学者的研究和重视<sup>[7-9]</sup>。

收稿日期:2017-3-19

基金项目:河北省现代农业产业技术体系蔬菜产业创新团队建设(编号:HBCT2018030212);河北省专业学位研究生教学案例建设项目(编号:KCJSZ2017098);河北北方学院蔬菜学重点学科建设项目(编号:ZDXK201620)。

作者简介:张丽娜(1991—),女,河北崇礼人,硕士研究生,主要从事蔬菜栽培生理研究。E-mail:1083709990@qq.com。

通信作者:黄伟,硕士,教授,主要从事蔬菜生理生态研究。E-mail:nlkjxyy@163.com。

humidity on photosynthesis, growth and graft-take of grafted cucumber seedlings during healing and acclimatization[J]. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 2011, 52(4): 331-338.

[9] Justus I, Kubota C. Effects of low temperature storage on growth and transplant quality of non-grafted and grafted cantaloupe-type muskmelon seedlings[J]. Scientia Horticulturae, 2010, 125(1): 47-54.

[10] Kubota C, Seiyama S, Kozai T. Manipulation of photoperiod and light intensity in low-temperature storage of eggplant plug seedlings[J]. Scientia Horticulturae, 2002, 94(1/2): 13-20.

[11] Lopez R G, Runkle E S. Low-temperature storage influences morphological and physiological characteristics of nonrooted cuttings of New Guinea impatiens (*Impatiens hawkeri*) [J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 50(1): 95-102.

[12] 郑群,宋维慧.国内外蔬菜嫁接技术研究进展(上)[J].长江蔬菜,2000(9):1-5.

[13] 杨仕伟,罗庆熙.瓜类蔬菜断根嫁接研究进展[J].长江蔬菜,2012(10):1-3.

[14] 董玉梅,王崇启,侯丽霞,等.甜瓜嫁接苗的应用现状及改进方案[J].中国蔬菜,2013(3):13-16.

[15] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.

[16] 夏含嫣.黑暗及光照恢复对矮牵牛幼苗生理代谢的影响[D].上海:上海交通大学,2008.

[17] 段青青,丁明,姜武,等.黑暗对西瓜幼苗叶片叶绿体超微结构的影响[J].电子显微学报,2009,28(3):275-279.

[18] 张晓飞,曲梅,田永强,等.蔬菜商品苗贮藏运输技术研究进展[J].中国蔬菜,2014(7):4-11.

[19] 程琳,赵永钦,王玉珏,等.弱光下不同贮藏温度对黄瓜穴盘秧苗质量的影响[J].华北农学报,2011,26(2):147-151.

[20] Ding M, Bie B B, Jiang W, et al. Physiological advantages of grafted watermelon (*Citrullus lanatus*) seedlings under low-temperature storage in darkness[J]. HortScience, 2011, 46(7): 993-996.

微生物菌肥是近年发展起来的一种新型肥料,含有微生物菌群、活性酶、有机质和多种微量元素,通过微生物生命活动及相关代谢产物来改善植物生长环境及营养条件,刺激植物生长发育,抵抗病虫害危害,从而促进土壤养分转化,改善土壤养分状况进而提高农产品的产量和品质<sup>[10-11]</sup>。这种肥料已应用于某些作物<sup>[12-16]</sup>,其对作物根系土壤微生态环境、土壤微生物种群数量及土壤酶活性促进效果显著。

冀西北坝上地区经过 20 多年的发展,现已成为全国最大的以根叶菜为主的夏秋错季蔬菜优势产区,蔬菜生产逐渐成为国内外学者共同关注的问题,但有关微生物菌肥对连作萝卜土壤微生物数量及酶活性的影响鲜有报道。因此,本试验通过于萝卜播种前底施用微生物菌肥,苗期喷施微生物菌剂,莲座期喷施中微量元素,以缓解该区萝卜连作障碍,为萝卜安全高效生产提供理论依据,也为微生物菌肥的推广提供科学依据。

表 2 木美土里复合微生物菌肥及其配套产品主要参数

名称	主要性质	主要成分	活菌数
木美土里复合微生物菌肥	黑色固体颗粒	乳酸菌、芽孢杆菌等大量酵素菌、光合细菌、解磷菌、解钾菌和固氮菌,N、P、K 含量为 6%~8%	$\geq 2 \times 10^9$ CFU/g
育苗宝贝	白色液体	各种氨基酸、多肽及甲壳素等	$\geq 2 \times 10^9$ CFU/g
	黑色液体	ETS 菌群、腐殖酸及多种中微量元素	$\geq 2 \times 10^9$ CFU/g
汽巴瑞培乐	粉末状颗粒	铁、铜、锰、锌、硼、钼 6 种微量元素	

试验设计了 6 个处理,各处理在萝卜起垄播种前施用复合肥 600 kg/hm<sup>2</sup> 做底肥,复合肥料由济源市万洋肥业有限公司生产,养分含量为 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 各 15%。处理 1 底施复合肥(CK),处理 2 底施复合肥和木美土里复合微生物菌肥(M);处理 3 底施复合肥、木美土里复合微生物菌肥,苗期喷施“育苗宝贝”菌剂(MY);处理 4 底施复合肥和木美土里复合微生物菌肥,莲座期喷施“汽巴瑞培乐”(MR);处理 5 底施复合肥,苗期喷施“育苗宝贝”,莲座期喷施“汽巴瑞培乐”(YR);处理 6 底施复合肥,莲座期喷施“汽巴瑞培乐”(R)。

木美土里复合微生物菌肥及其配套产品均按产品推荐用量施用,即木美土里复合微生物菌肥施用量 600 kg/hm<sup>2</sup>,育苗宝贝喷施量 1 500 mL/hm<sup>2</sup>,“汽巴瑞培乐”喷施量 300 g/hm<sup>2</sup>。小区面积为 40 m×3 m=120 m<sup>2</sup>,每个处理 3 次重复,随机区组排列。田间管理与大田管理一致。萝卜采用高垄种植,垄距 50 cm,株距 15 cm,每 2 垄为 1 个小区,每垄种 1 行萝卜。萝卜于 2016 年 7 月 12 日播种,9 月 10 日收获。

1.2 测定项目及方法

于萝卜不同生长期进行土样采集,每个处理均用五点取样法采集 0~20 cm 土层,去除杂物和石头,混合制样;一部分土样于 4℃ 冰箱里保存,用于土壤微生物培养;另一部分土样待样品自然风干后过 1 mm 筛,用于土壤酶活性的测定。土壤过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法测定,结果以 1 g 土消耗 0.02 mol/L KMnO<sub>4</sub> 的体积(mL)(25℃,20 min)表示<sup>[17]</sup>;土壤转化酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定,结果以 24 h 后 1 g 土壤中葡萄糖的质量(mg)表示<sup>[18]</sup>;土壤脲酶活性采用苯酚-次氯酸钠比色法测定,结果以 24 h 后 1 g 土壤中 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 的质量(mg)表示<sup>[18]</sup>。采用稀释平板法测定微生物量,细菌采用牛肉膏蛋白胨培养基,真菌采用马丁氏培养基,放线菌采用改良高氏一号培养基,结果以 1 g 鲜土

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2016 年 6—9 月在河北省张家口市尚义县大青沟镇萝卜种植基地进行。试验地土壤为砂质栗钙土,已连续种植萝卜 15 年,供试土壤的基本理化特性见表 1。

表 1 供试小区土壤的基本理化特性

土层深度 (cm)	容重 (g/cm <sup>3</sup> )	孔隙度 (%)	有机质 含量 (g/kg)	碱解氮 含量 (mg/kg)	速效磷 含量 (mg/kg)	pH 值
0~20	1.43	46	10.65	21	1.68	8.35

供试萝卜品种为“世农 606”,由尚义县绿农植物医院提供。试验菌肥为木美土里复合微生物菌肥及其配套产品“育苗宝贝”菌剂(每套由黑白 2 瓶组成)和“汽巴瑞培乐”(表 2)。

所含数量(CFU/g)表示<sup>[19]</sup>。

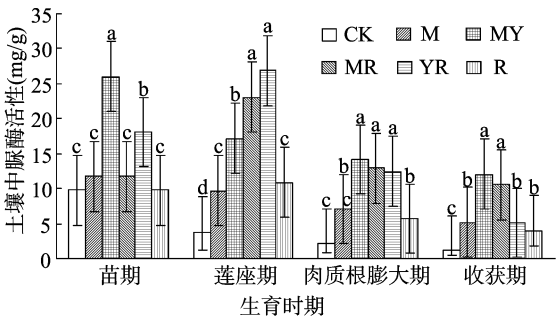
1.3 数据分析

采用 Microsoft Excel 软件对数据进行处理,试验数据采用 DPS 处理系统进行方差分析,应用 Duncan's 进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤酶活性变化的影响

2.1.1 不同处理对土壤脲酶活性的影响 从图 1 看出,苗期(7 月 12—30 日)MY 处理的土壤脲酶活性最高,处理 MY 较 CK 活性提高 165.9%,这与处理 MY 既底施微生物菌肥,又在苗期喷施育苗宝贝菌剂有关。莲座期(7 月 31 日至 8 月 12 日)YR 处理的活性最高,这与该处理在苗期喷施了育苗宝贝菌剂,又在莲座期喷施“汽巴瑞培乐”有关;处理 MR 的活性次之,处理 YR 和 MR 差异不明显,CK 的活性最低。肉质根膨大期(8 月 13 日至 9 月 5 日)各处理活性较莲座期均下降,CK 的活性仍最低;收获期(9 月 6—10 日)各处理活性较肉质根膨大期均有所降低,其中 MY、MR 处理的活性最高,分别为 CK 的 10.91 和 9.55 倍。



柱上不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。下图同  
图1 不同处理对土壤脲酶活性的影响

2.1.2 不同微生物菌肥处理对土壤转化酶活性的影响 由图 2 可知,苗期 CK 和处理 R 活性最小,其他处理差异不显著。莲座期处理 MR 土壤转化酶活性最高,是 CK 的 3.38 倍,其次为处理 MY。肉质根膨大期,处理 MY、MR 土壤转化酶活性较莲座期略有下降,但仍是所有处理中最高的,CK 的转化酶活性最低,与其他处理差异显著。收获期各处理土壤转化酶活性均下降,但处理 MY、MR 仍是各处理中最高的。表明在萝卜播种前底施木美土里微生物菌肥外,在苗期喷施“育苗宝贝”菌剂和莲座期喷施“汽巴瑞培乐”,均有利于提高土壤转化酶活性。

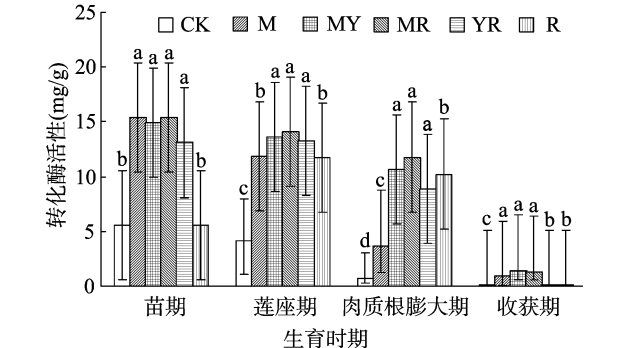


图2 不同处理对土壤转化酶活性的影响

2.1.3 不同处理对土壤过氧化氢酶活性的影响 由表 3 可知,苗期、莲座期各处理过氧化氢酶活性均不高。肉质根膨大期各处理过氧化氢酶活性较苗期、莲座期均有大幅度提高,但各处理间差异不显著;其中处理 MR 活性最高,为 0.14 mL/g,比 CK 高 16.67%,其次为处理 MY、M,较 CK 提高 8.33%;在收获期,各处理土壤过氧化氢酶活性继续增加,处理 MR、MY 之间无显著差异,较 CK 分别提高 47.37%、36.84%。从萝卜整个生长时期看,处理 MY、MR 过氧化氢酶活性增长幅度最大,表明处理 MY、MR 对土壤过氧化氢酶活性的提高有着明显的促进作用,这可能是由于两者可大量分解并减少由于土壤微生物及有机物产生的过氧化氢,从而减少对萝卜生长产生有利的作用。

表 3 不同处理对土壤过氧化氢酶活性的影响				
处理	过氧化氢酶活性(mL/g)			
	苗期	莲座期	肉质根膨大期	收获期
CK	0.01b	0.01b	0.12a	0.19b
M	0.02a	0.03a	0.13a	0.18b
MY	0.02a	0.03a	0.13a	0.26a
MR	0.02a	0.03a	0.14a	0.28a
YR	0.01b	0.02b	0.12a	0.19b
R	0.01b	0.02b	0.13a	0.20b

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )。表 4 同。

2.2 不同处理对土壤微生物量的影响

2.2.1 不同处理对土壤细菌变化的影响 由图 3 可知,苗期处理 M、MR 土壤中的细菌数量最多,其他处理间差异不显著;莲座期处理 M、MY、MR 细菌数量最多,分别为 CK 的 2.19、2.32、2.40 倍,这与三者均施用微生物菌肥有关;在肉质根膨大期,各处理细菌数量较莲座期菌有所降低,趋势与莲座期基本一致。在收获期,处理 MR、MY 土壤中细菌数量较

肉质根膨大期有所增加,且显著高于 CK,其他处理均有所降低。综上所述,处理 M 只能在一定时间内维持土壤中的细菌数量,不能平稳持久地使增加细菌数量;而处理 MY、MR 可以续稳定地增加细菌数量,且在一个生长季结束后,土壤中细菌数量仍很多,这为下一季植物生长提供了良好的土壤环境。

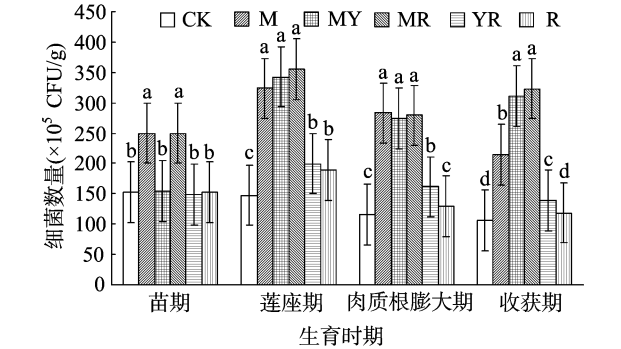


图3 不同处理对土壤中细菌数量的影响

2.2.2 不同处理对土壤放线菌变化的影响 由图 4 可知,在萝卜整个生长期,各处理放线菌数量均表现为先增加后减少,不同时期各处理放线菌数量大小基本一致,均是处理 MY、MR 最多,CK 在各生长期均最小。表明 MY、MR 这 2 个处理均能有效促进土壤中放线菌的繁殖,进而促进对土壤病原微生物的拮抗作用。

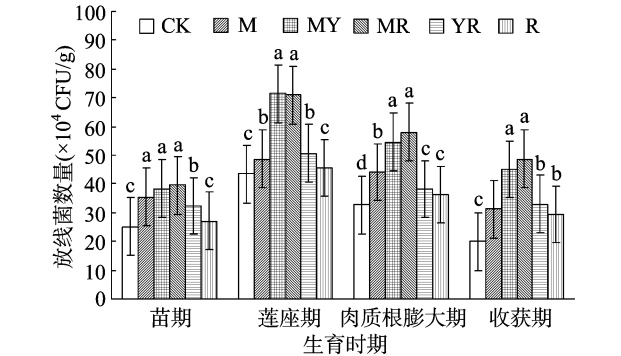


图4 不同处理对土壤中放线菌数量的影响

2.2.3 不同处理对土壤真菌变化的影响 由表 4 可知,苗期各处理真菌数量差异不显著;莲座期各处理土壤中真菌数量较苗期有所增加,但 MR、MY、YR 处理间差异不显著;肉质根膨大期各处理土壤中真菌数量较莲座期明显降低;收获期各处理土壤中真菌数量均有所减少,且处理 MY 真菌数量较苗期下降幅度最大,为 92.27%,其次为处理 MR,较苗期下降 82.12%,而 CK 较苗期下降 58.25%,在所有处理中降幅最小。由此可见,处理 MY、MR 在控制土壤真菌数量方面效果明显,可以缓解土地病害。

表 4 不同处理对土壤中真菌数量的影响				
处理	真菌数量(×10 <sup>3</sup> CFU/g)			
	苗期	莲座期	肉质根膨大期	收获期
CK	2.06a	2.91b	1.27c	0.86a
M	1.86a	2.88b	1.78b	0.67b
MY	2.20a	3.33a	2.06a	0.17d
MR	1.79a	3.15ab	2.11a	0.32c
YR	1.93a	3.11ab	1.64b	0.58b
R	2.03a	2.84b	1.21c	0.66b

### 3 讨论和结论

土壤酶可参与土壤所有的生化反应,对植物养分的转化起着重要作用<sup>[9]</sup>。而环境条件、耕作方式及施肥方法均会直接或间接地影响土壤酶活性<sup>[20]</sup>。本试验结果表明,在萝卜整个生长期,各处理土壤脲酶和土壤转化酶活性均呈下降趋势,而施用微生物菌肥、菌剂和中微量元素的处理,其酶活性均大于 CK,且处理 MY、MR 的活性均较高,菌肥中功能性菌类的增殖优化了土壤中的微生物的生命活动,使土壤酶活性大增,而中微量元素对土壤酶活性的增加也有促进作用。土壤过氧化氢酶活性在整个生长期持续增加,这可能是由于长期连作,在萝卜生长中后期积累了较多的有毒物质,施入的菌肥、菌剂和中微量元素中的微生物与肥料共同作用增强了过氧化氢酶活性,以抑制土壤中有毒物质对萝卜的伤害。这与张丽娟等的研究结果<sup>[7,21]</sup>相一致。

土壤微生物不仅受环境条件、施肥种类的影响,也会受植物本身根系分泌物的影响<sup>[22-23]</sup>。细菌在土壤微生物菌群中占主导地位,但土壤中真菌数量的增加则是土壤地力减退的标志之一<sup>[24]</sup>。随着烟草、大豆、花生重茬年限的增加,细菌、放线菌数量显著减少,真菌数量增加<sup>[25-27]</sup>。本试验结果表明,处理 MY、MR 在萝卜收获时,土壤中细菌数量、放线菌数量分别是 CK 的 1.77、2.18 倍和 1.22、1.33 倍,CK 真菌数量分别是 MY、MR 的 5.06 和 2.69 倍。这与上述结论一致。由此可知,连作已破坏土壤微生态环境,导致土壤中有害菌群的增加和植物所需中微量元素的缺乏。多年种植同一种植物,使土壤中微生物的种类和数量形成特定的模式,微生物菌肥和中微量元素肥料的施用,打破了这种“固定模式”,使得微生物活性大增,真菌数量减少。

综上所述,微生物菌肥、菌剂和中微量元素的施用改善了土壤微生物群落结构,促进了土壤中细菌和放线菌的繁殖,抑制了真菌的生长;提高土壤有益酶活性,增强土壤生产力的可持续性,从而达到保护和改善土壤微生态环境的效果。本试验中表现突出的处理为“复合肥+木美土里复合微生物菌肥+中微量元素肥料”(处理 MR)和“复合肥+木美土里复合微生物菌肥+育苗宝贝菌剂”(处理 MY)。

#### 参考文献:

- [1] 张阔. 冀西北坝上冷凉地区萝卜生长发育特性及养分需求特性研究[D]. 保定:河北农业大学,2012.
- [2] 赵真真,左广胜,徐振同,等. 重茬障碍的研究现状[J]. 中国农学通报,2008,24(7):186-190.
- [3] 吴风芝,刘德,王东凯,等. 大棚蔬菜连作年限对土壤主要理化性状的影响[J]. 中国蔬菜,1998(4):5-8.
- [4] 陈恩凤,周礼恺,邱凤琼,等. 土壤肥力实质的研究——II. 棕壤[J]. 土壤学报,1985,22(2):113-119.
- [5] Lalande R, Gagnon B, Simard R R. Microbial biomass C and alkaline phosphatase activity in two composted amended soils[J]. Canadian Journal of Soil Science, 1998, 78(4):581-587.
- [6] Gagnon B, Lalande R, Simard R R, et al. Soil enzyme activities following paper sludge addition in a winter cabbage-sweet corn rotation[J]. Canadian Journal of Soil Science, 2000, 80(1):91-

- 97.
- [7] 张丽娟,曲继松,郭文忠,等. 微生物菌肥对黄河上游地区设施土壤微生物及酶活性的影响[J]. 中国土壤与肥料,2014(5):32-36.
- [8] 邱现奎,董元杰,万勇善,等. 不同施肥处理对土壤养分含量及土壤酶活性的影响[J]. 土壤,2010,42(2):249-255.
- [9] 陈娟丽,师尚礼,祁娟. 复合菌肥与化肥配施对高寒地区土壤微生物数量和土壤酶活性的影响[J]. 草原与草坪,2016,36(1):7-13.
- [10] 陈隆升,陈永忠,杨正华,等. 生物菌肥对油茶生长及产量的影响[J]. 中国农学通报,2012,28(31):75-78.
- [11] 吕卫光,张春兰,袁飞,等. 有机肥减轻连作黄瓜自毒作用的机制[J]. 上海农业学报,2002,18(2):52-56.
- [12] 华静静,郭宪峰,郭建党. 微生物菌肥对番茄光合效能、产量及品质的影响[J]. 山东农业科学,2012,44(7):61-62,66.
- [13] 王彦飞,曹国璠. 不同生物肥料对辣椒产量和品质的影响研究[J]. 北方园艺,2010(17):13-15.
- [14] Esitken A, Yildiz H E, Ercisli S, et al. Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient contents of organically grown strawberry[J]. Scientia Horticulture, 2010, 124(1):62-66.
- [15] Mosa E G, Paszt L S, Frac M, et al. The role of biofertilization in improving apple productivity—A review[J]. Advances in Microbiology, 2015, 5:21-27.
- [16] de Souza R, Beneduzi A, Ambrosini A. The effect of plant growth-promoting rhizobacteria on the growth of rice (*Oryza sativa* L.) cropped in southern Brazilian fields[J]. Plant and Soil, 2013, 366(1/2):585-603.
- [17] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社,1986:25-26.
- [18] 姚槐应,黄昌勇. 土壤微生物生态学及其实验技术[M]. 北京:科学出版社,2006:38-41.
- [19] 陈文新. 土壤和环境微生物学[M]. 北京:中国农业大学出版社,1990:59-62.
- [20] 吴风芝,王学征. 设施蔬菜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[J]. 中国农业科学,2007,40(10):2274-2280.
- [21] 曹慧,孙辉,杨浩,等. 土壤酶活性及其对土壤质量的指示研究进展[J]. 应用与环境生物学报,2003,9(1):105-109.
- [22] 胡元森,吴坤,刘娜,等. 黄瓜不同生育期根际微生物区系变化研究[J]. 中国农业科学,2004,37(10):1521-1526.
- [23] 王正平. 茬口的土壤酶活性效应初探[J]. 土壤通报,1986(6):283-284.
- [24] 胡元森,吴坤,李翠香,等. 黄瓜连作对土壤微生物区系影响. II. 基于 DGGE 方法对微生物种群的变化分析[J]. 中国农业科学,2007,40(10):2267-2273.
- [25] 孙秀山,封海胜,万书波,等. 连作花生田主要微生物类群与土壤酶活性变化及其交互作用[J]. 作物学报,2001,27(5):617-620.
- [26] 陈宏宇,李晓鸣,王敬国. 抗病性不同大豆品种根面及根际微生物区系的变化. II. 连作大豆(重茬)根面及根际微生物区系的变化[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(1):104-108.
- [27] 张翼,张长华,王振民,等. 连作对烤烟生长和烟地土壤酶活性的影响[J]. 中国农学通报,2007,23(12):211-215.