

# 连作辣椒大棚施用 5406 抗菌肥的效果

胡丽可<sup>1</sup> 胡远亮<sup>1,2</sup> 胡咏梅<sup>1</sup> 梁运祥<sup>1</sup>

1. 华中农业大学农业微生物学国家重点实验室, 武汉 430070;

2. 湖北师范大学食用野生植物保育与利用湖北省重点实验室, 黄石 435002

**摘要** 选取连作 5 a 大棚, 研究施用 5406 抗菌肥对土壤 pH、酶活性、肥力以及辣椒产量和果实品质的影响。结果表明: 施用 5406 抗菌肥, 辣椒产量提高 44.63%, 单果质量提高 23.96%, 果实铁含量提高 65.97%、镁含量提高 8.56%、钙含量提高 2.67%, 粗蛋白和磷含量无显著差异, 维生素 C 含量略有下降。在辣椒生长过程中, 施用 5406 抗菌肥, 最大能使土壤蔗糖酶活性提高 37%、脲酶活性提高 10%、过氧化氢酶活性提高 8%、过氧化物酶活性提高 20%、有机质含量提高 9%、碱解氮含量提高 4%、速效钾含量提高 3%、有效磷含量提高 33%; 并且土壤 pH 值升高。5406 抗菌肥可以改善连作障碍, 促进作物生长。

**关键词** 连作; 抗菌肥; 土壤酶; 土壤肥力; 果实品质

**中图分类号** S 144.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2016)03-0061-05

设施大棚能克服低温季节对作物生长的限制且方便种植管理, 在人们的生活中扮演着不可或缺的角色<sup>[1]</sup>。然而, 常年连作导致土壤酸化、盐分过度累积、营养不均衡、肥力下降、土传病害严重以及植物的自毒作用<sup>[2]</sup>等, 导致产量严重下降, 限制了大棚的发展<sup>[3]</sup>。传统的合理轮作方法在设施大棚中不易实现, 而化学药剂虽然效果较好但副作用太大, 影响大棚经济产出, 目前连作障碍还没有有效的治理方法。

尹莘耘<sup>[4]</sup>研发出 5406 抗菌肥, 研究表明其对黄瓜、大白菜、菠菜、冬瓜、西红柿、辣椒皆具增产效果<sup>[5]</sup>。泾阳链霉菌 (*Streptomyces jingyangensis*)<sup>[6]</sup> 5406 在实验室条件下对多种土传病原菌有抑制作用<sup>[7]</sup>; 具解磷、固氮等作用<sup>[6]</sup>; 还能提高植物的抗病性和抗寒性<sup>[4]</sup>。近年生物防治连作障碍研究兴起, 而关于 5406 抗菌肥对连作大棚的效果研究鲜有报道。因此, 笔者将 5406 抗菌肥施用于 5 a 连作大棚辣椒, 研究其对大棚蔬菜生长及果实品质的影响, 通过测定土壤酶活性和肥力等指标, 探讨 5406 抗菌肥施用对连作辣椒大棚的效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地及材料

试验地位于山东省寿光市文家街刘桥村 5 a 辣

椒连作设施大棚。试验时间为 2014 年 4 月 10 日至 6 月 12 日。辣椒幼苗(培育 10 d 幼苗)由山东瑞克斯旺种子公司提供, 大棚按照日常方式管理。

### 1.2 试验设计

大棚按照采光、布局等, 划分成 6 个区块, 每个小区约 92 m<sup>2</sup>, 按照条件基本对等原则, 试验组和对照组各占 3 个区块。移栽前, 将棚内土壤进行充分混匀, 选择长势一致、株高约 11 cm 的辣椒幼苗移栽至大棚进行试验。试验组: 1 kg 抗菌肥兑水 75 kg 进行灌根, 每个小区抗菌肥用量 200 g; 对照组: 用制作该菌的基质兑水进行灌根。

采用五点取样法, 用取样器取根系土样, 分别单独标记作 3 个重复, 每个重复单独装袋, 按照苗期(10~25 d)、生长期(25~35 d)、开花期(35~45 d)、初果期(45~55 d)、熟果期(55~65 d)、末期(65~75 d)每隔 10 d 进行取样。到熟果期时试验组和对照组共 6 个小区摘取每株所有果实, 并分别称单果质量以及每个区域的产量, 同时在试验组和对照组中随机各选取 6 组果实, 每组包含 10 个果实, 用于测量果实营养元素含量<sup>[8]</sup>。

### 1.3 测定项目

常规土壤理化性状测定参照文献<sup>[9]</sup>进行, 风干

收稿日期: 2015-06-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(31300042); 湖北省自然科学基金项目(2015CFC797); 中国博士后科学基金项目(2015M580653); 食用野生植物保育与利用湖北省重点实验室开放基金项目(EWPL201513)

胡丽可, 硕士研究生, 研究方向: 发酵工程. E-mail: kafeikeke2@126.com

通信作者: 梁运祥, 教授, 研究方向: 应用微生物学. E-mail: fa-lyx@163.com

土以除去二氧化碳的水按  $V_{\text{水}} : V_{\text{土}} = 2.5 : 1$  溶解, 搅拌 1 min, 数显酸度计 (PHS-2C) 测定 pH 值; 土壤有机质采用外加热重铬酸钾氧化—容量法测定; 土壤碱解氮采用碱解扩散法; 土壤有效磷采用  $\text{NaHCO}_3$  浸提—分光光度法测定; 速效钾采用  $\text{NH}_4\text{OAC}$  浸提—火焰光度法测定。

土壤酶采用关松荫<sup>[10]</sup>的测定方法, 土壤蔗糖酶用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定; 土壤脲酶用苯酚钠-次氯酸钠比色法测定; 土壤过氧化氢酶使用高锰酸钾滴定法测定; 过氧化物酶用邻苯三酚比色法测定。

辣椒果实质量用天平测量, 辣椒果实维生素 C 用 2,6-二氯酚酚滴定法测定, 果实镁、钙、铁含量均用原子吸收光谱法, 果实磷含量用钼酸苯二钠比色法、果实粗蛋白用凯氏定氮法测定<sup>[11]</sup>。

#### 1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel、SPSS19.0 和 Graphpad

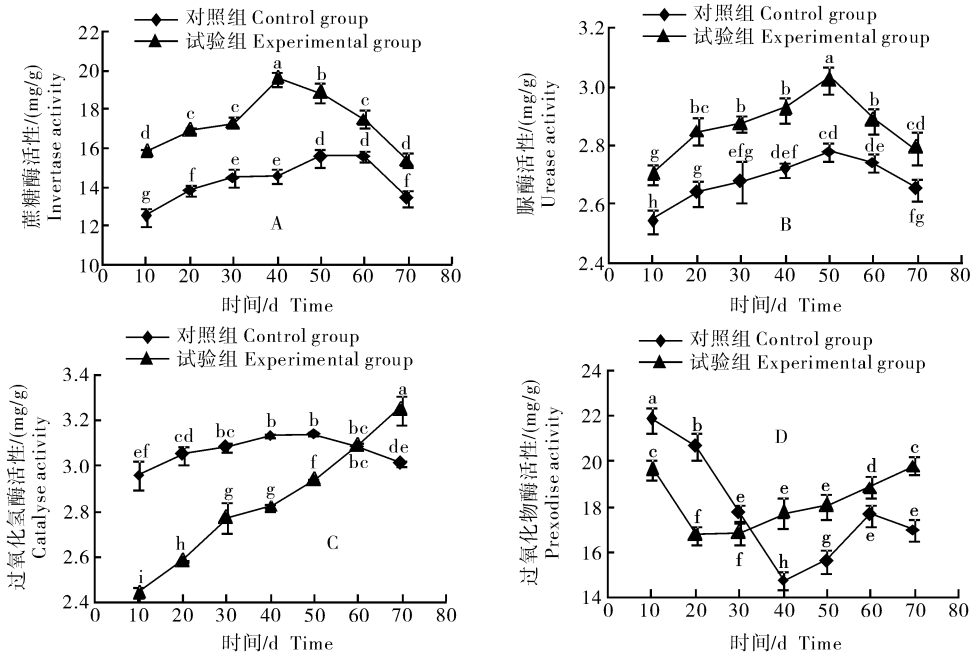
Prism 5 软件处理试验数据, 用 Duncan's 新复极差法进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 施用 5406 抗生素肥对连作土壤酶活性的影响

土壤酶活性是土壤肥力评价的重要生物指标。

施用 5406 抗生素肥后, 连作土壤的蔗糖酶 (图 1A) 和脲酶活性 (图 1B) 在辣椒的整个生长期一直明显高于对照组, 先缓慢稳步上升, 然后分别于开花期 (35~45 d) 和初果期 (45~55 d) 达到峰值 (对照组的蔗糖酶和脲酶活性均在初果期达到峰值)。5406 抗生素肥的施用使土壤的过氧化氢酶活性最初处于较低的水平, 但在辣椒生长过程中, 该酶活性不断增加, 到辣椒生长末期显著高于对照组 (图 1C)。过氧化物酶在过氧化氢的存在下能促进土壤有机质的氧化, 并参与合成腐殖质<sup>[10]</sup>。由图 1D 可见, 试验组和对照组的过氧化物酶活性在辣椒生长前期都呈下降



同一指标不同小写字母表示  $P < 0.05$ , 下同。Different letters for same item indicate significant differences at  $P < 0.05$  level. The same as below.

图 1 施用 5406 抗生素肥对连作土壤蔗糖酶 (A)、脲酶 (B)、过氧化氢酶 (C)、过氧化物酶 (D) 活性的影响

Fig.1 Effect of 5406 antibiotic fertilizer on activity of soil invertase (A), urease (B), catalase (C) and peroxidase (D)

趋势, 并且试验组显著低于对照组, 但从生长期开始, 试验组的过氧化物酶活性持续上升, 而对照组到开花期后才开始上升, 生长后期又呈下降的趋势。

### 2.2 施用 5406 抗生素肥对连作土壤肥力的影响

供试土壤的有机质含量 (图 2A) 呈上升趋势, 且试验组显著高于对照组; 在辣椒的生长后期, 试验组

的有机质继续保持增长的趋势, 而对照组开始下降。可见, 施用 5406 抗生素肥后, 在辣椒的整个生长期, 连作土壤试验组中的碱解氮 (图 2B)、速效磷 (图 2C) 和速效钾 (图 2D) 均显著高于对照组, 说明该菌肥能显著增强土壤肥力。而且, 碱解氮、速效磷和速效钾含量随着辣椒的生长以不同的速率积累,

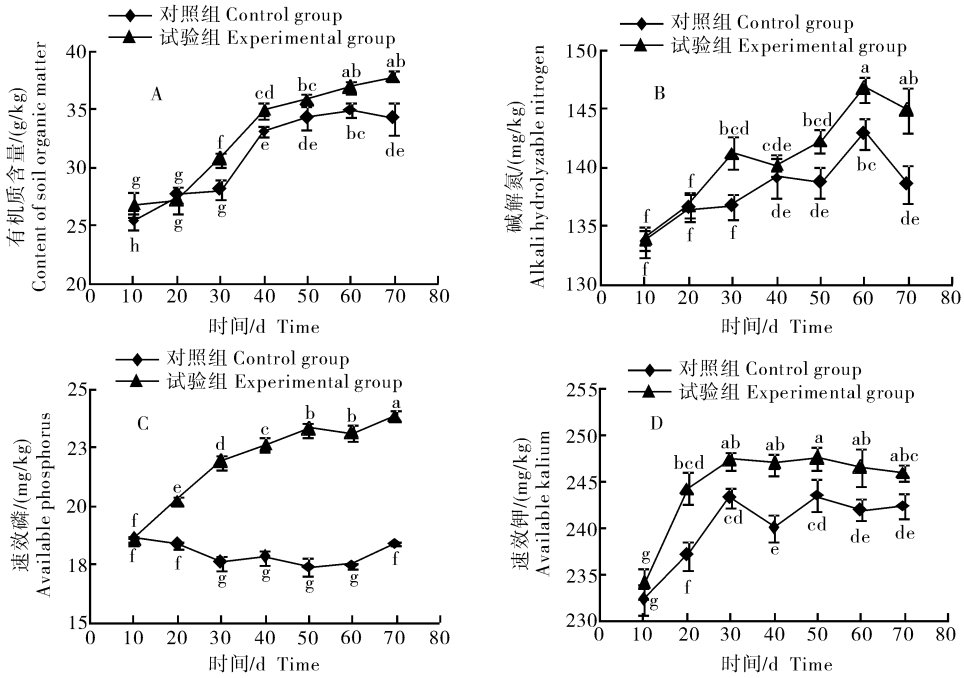


图 2 施用 5406 抗菌菌肥对连作土壤有机质(A)、碱解氮(B)、速效磷(C)、速效钾(D)的影响

Fig.2 Effect of 5406 antibiotic fertilizer on the soil organic matter(A), alkali-hydrolyzable nitrogen(B), rapidly available phosphorus(C) and rapidly available kalium(D) contents

其中试验组土壤的速效磷含量远远高于对照组。

### 2.3 施用 5406 抗菌菌肥对连作土壤 pH 的影响

随着连作年限的增加,土壤呈酸化趋势<sup>[12]</sup>。如图 3 所示,供试辣椒大棚在施用 5406 抗菌菌肥后,土壤 pH 值在辣椒的整个生长期内一直显著高于对照组,并呈缓慢上升趋势,而对照组的 pH 值在开花期后急剧下降,说明 5406 抗菌菌肥能在一定范围内缓解土壤酸化,从而增强土壤酶活性,进而增强对营养元素的释放和循环的能力。

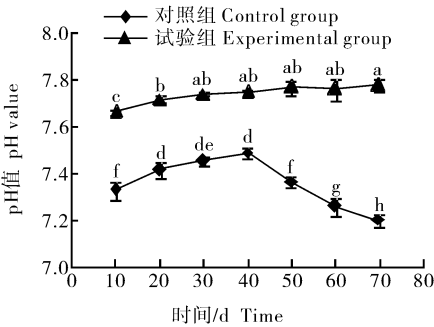


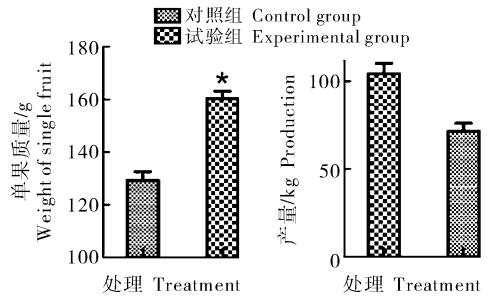
图 3 施用 5406 抗菌菌肥对连作土壤 pH 的影响

Fig.3 5406 antibiotic fertilizer on soil pH

### 2.4 施用 5406 抗菌菌肥对连作辣椒大棚单果质量和产量的影响

在成熟期测量了辣椒的单果质量和产量

(图 4),结果表明,施用 5406 抗菌菌肥后试验组的辣椒单果质量显著高于对照组,增加 23.96%,且产量提高 44.63%。说明 5406 抗菌菌肥能解决连作最大的障碍——产量下降。



\* 表示与对照组相比差异显著 ( $P < 0.05$ ), 下同。\* indicates significant difference ( $P < 0.05$ ) compared to control group, the same as below.

图 4 施用 5406 抗菌菌肥对辣椒单果质量与产量的影响

Fig.4 Effect of 5406 antibiotic fertilizer on the average weight and production of *Capsicum annuum*

### 2.5 施用 5406 抗菌菌肥对连作棚辣椒营养元素含量的影响

如表 1 所示,施用 5406 抗菌菌肥后,试验组的辣椒果实中铁含量显著高于对照组,增加 65.74%;辣椒果实镁含量显著高于试验组,增加 8.30%,说明施用该菌肥能有效促进镁的吸收,产量的增加从侧

面证明辣椒吸收了更多的镁元素来进行光合作用、脂肪、蛋白质等的合成。施用 5406 抗生素肥后,果实含钙量稍高于对照组,与对照组相比提高 5.81%。试验组和对照组果实中的磷和粗蛋白无显著差异,该大棚土壤中有有效磷含量很丰富,而辣椒生长过程中对磷肥的需求量远不如氮肥<sup>[13]</sup>,并且辣椒主要是在结果期吸收较多的磷<sup>[14]</sup>,而测量的是第一批果实,因此差异不大。不过如果从产量来看,总量还是增加的。说明 5406 抗生素肥提高了其氮和磷的吸收和合成。施用 5406 抗生素肥后,果实维生素 C 含量略有下降。

表 1 施用 5406 抗生素肥对辣椒营养元素含量的影响

Table 1 Effect of 5406 antibiotic fertilizer on the nutrient elements content in *Capsicum annuum*

项目 Item	对照组 Control group	试验组 Experimental group	标准误 SEM	P
Fe/(mg/kg)	2.54	4.21	0.49	0.045
Mg/(mg/kg)	27.7	30.0	0.70	0.046
Ca/(mg/kg)	106.8	113.0	1.93	0.041
P/(mg/kg)	65.1	64.4	0.95	0.756
粗蛋白/% Protein	1.26	1.24	0.01	0.420
Vc/(mg/kg)	554	516	0.93	0.006

### 3 讨论

长期连作导致土壤盐渍化及酸化,结构发生改变,有益微生物的活动减弱<sup>[15]</sup>,土传病害加重,造成作物减产,品质下降。施用 5406 抗生素肥,可以有效缓解连作障碍。尹莘耘等<sup>[16]</sup>的大田试验表明 5406 抗生素肥可以促进土壤氮、磷的转化,而在连作大棚土壤中,该菌肥具有显著促进氮、磷、钾转化的效果;之前的研究更侧重于增产效果,并没有涉及到土壤酶,而土壤酶活和土壤肥力相关性显著<sup>[17]</sup>,施用 5406 抗生素肥可以从一开始就提高蔗糖酶和脲酶活性,说明该菌肥可以增强根系微生物的活动,提高土壤肥力;而相比于其他生物菌肥的单一性作用,如土壤放线杆菌(*Agrobacterium radiobacter*) K-84 菌系<sup>[18]</sup>和 VAR03-1 菌系<sup>[19]</sup>的防治果树根癌作用,5406 抗生素肥可以对连作障碍起到缓解作用。

5406 抗生素肥还提高了辣椒果实铁、钙和镁微量元素的含量。其中铁对植物根系微生态具有多重作用<sup>[20]</sup>,钙离子在逆境胁迫下对提高植物的抗逆性有很大的作用<sup>[21-22]</sup>;镁是作物生长必需的矿质营养

元素之一,然而近年来由于长期连作、不科学的耕种制度和灌溉加剧了土壤镁的消耗<sup>[23]</sup>。而果实维生素 C 含量的下降有多重原因<sup>[24]</sup>,可能是果蔬变大营养被稀释,外在原因包括灌溉不当、滥施化肥农药和土壤营养恶化等造成的“环境稀释效应”;内在影响因素包括果蔬生长周期缩短和自身抗病能力减弱等的“基因稀释效应”,目前还没有合理的解释。

综上所述,5406 抗生素肥能有效缓解辣椒大棚连作障碍。相对于物理或化学<sup>[25]</sup>等方法,抗生素肥安全可靠,符合“绿色农业”的理念,后续的应用研究上,希望可以研制成复合肥料,以期能达到更好的防治连作障碍的效果,而对其防控土传病害等微生物学机制借助前沿生物技术如宏基因组测序等方法正在进行深入研究中。

### 参 考 文 献

- [1] 刘蕾.我国设施农业发展现状与对策分析[J].农业科技与装备,2013(4):57-58.
- [2] 刘高远,郭天文,谭雪莲,等.不同栽培方式下马铃薯土壤微生物区系的动态变化[J].华中农业大学学报,2014,33(4):19-24.
- [3] 唐艳领.微生物肥在设施辣椒连作障碍克服中的应用研究[D].郑州:河南农业大学,2014.
- [4] 尹莘耘.“5406”的新进展及其应用[J].农业科技通讯,1984(9):23-24.
- [5] 宋美廷.5406 抗菌素在蔬菜上的应用[J].蔬菜,1986(2):21-24.
- [6] 张雯,李成涛,王小宾.泾阳链霉菌代谢产物生物活性研究[J].湖北农业科学,2012(19):4254-4256.
- [7] 上海市农业科学院土壤肥料植物保护研究所菌肥组.细黄放线菌 5406 与几种土壤微生物之间的关系[J].微生物学报,1977,17(1):62-63.
- [8] LÓPEZ A, FENOLL J, HELLÍN P, et al. Cultivation approach for comparing the nutritional quality of two pepper cultivars grown under different agricultural regimes[J]. LWT-food science and technology, 2014, 58(1):299-305.
- [9] 中国土壤学会农业化学专业委员会.土壤农业化学常规分析方法[M].北京:科学出版社,1983.
- [10] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.
- [11] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:世界图书出版公司,2000.
- [12] 刘来,黄保健,孙锦,等.大棚辣椒连作土壤微生物数量、酶活性与土壤肥力的关系[J].中国土壤与肥料,2013(2):5-10.
- [13] 穆兰.覆盖对温室辣椒生理特性及土壤环境的影响研究[D].北京:中国科学院研究生院教育部水土保持与生态环境研究中心,2014.
- [14] 邓白平,刘德林,刘志敏,等.辣椒吸收磷特性的研究[J].湖南农学院学报,1994(4):338-341.



- [15] 吴玉娥,姚怀莲,林惠莲,等.设施蔬菜作物连作障碍研究进展[J].中国园艺文摘,2013(3):46-48.
- [16] 尹莘耘,张均康,荀培琪.5406 抗菌肥料作用机制的研究Ⅲ. 抗菌菌在不同土类中的适应性及其转化氮、磷元素的分析[J].微生物学报,1965,11(2):275-280.
- [17] 徐强.线辣椒/玉米套作生理生态机制研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2007.
- [18] RAI O A, PELUSO R, PUOPOLO G, et al. Evidence of pAgK84 transfer from *Agrobacterium rhizogenes* K84 to natural pathogenic *Agrobacterium* spp. in an Italian peach nursery[J]. Plant pathology, 2009, 58(4):745-753.
- [19] KAWAGUCHI A, KONDO K I, INOUE K. Biological control of apple crown gall by nonpathogenic *Rhizobium vitis* strain VAR03-1[J]. Journal of general plant pathology, 2012, 78(4):287-293.
- [20] LEMANCEAU P, BAUER P, KRAEMER S, et al. Iron dynamics in the rhizosphere as a case study for analyzing interactions between soils, plants and microbes[J]. Plant and soil, 2009, 321(1/2):513-535.
- [21] 任媛媛.钙对根际淹水胁迫下辣椒幼苗生长及生理代谢的影响[D].贵阳:贵州大学,2008.
- [22] SAURE M C. Why calcium deficiency is not the cause of blossom-end rot in tomato and pepper fruit: a reappraisal[J]. Scientia horticulturae, 2014, 174:151-154.
- [23] 杨军芳,周晓芬,冯伟.土壤与植物镁素研究进展概述[J].河北农业科学,2008(3):91-93,96.
- [24] 陈丁杰.果蔬营养是否真大不如前?[N].科技日报,2012-08-28(7).
- [25] 刘长泰,孙国清.设施蔬菜连作障碍的原因及防治措施[J].现代农业科技,2014(24):177-178.

## Effects of 5406 antibiotic fertilizer on greenhouse of continuous cropping *Capsicum annuum*

HU Like<sup>1</sup> HU Yuanliang<sup>1,2</sup> HU Yongmei<sup>1</sup> LIANG Yunxiang<sup>1</sup>

1. State Key Laboratory of Agricultural Microbiology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Hubei Key Laboratory of Edible Wild Plants Conservation and Utilization, Hubei Normal University, Huangshi 435002, China

**Abstract** The effects of 5406 antibiotic fertilizer on the soil pH, enzyme activity, fertility of soil, yield production and fruit quality under the greenhouse of a five years' continuous cropping *Capsicum annuum* were studied. The results showed that after applying 5406 antibiotic fertilizer, the production, average fruit weight, Fe content of fruit, Mg content of fruit and Ca content of fruit was increased by 44.63%, 23.96%, 65.97%, 8.56% and 2.67%, respectively. The contents of crude protein and phosphorus had no significant differences compared to the control group. Vitamin C content decreased slightly. The maximum activity increase of soil invertase, urease, and catalase was 37%, 10%, 8%, and 20%, respectively. The content of organic matter, alkali-hydrolyzable nitrogen, rapidly available kalium and rapidly available phosphorus was 9%, 4%, 3% and 33%, respectively. The soil pH value was increased as well. 5406 antibiotic fertilizer can significantly improve yield production, fruit quality, and soil fertility. It has great application value.

**Keywords** continuous cropping; antibiotic fertilizer; soil enzyme; soil fertility; fruit quality

(责任编辑:张志钰)