

吕 瑞,段瑞军,罗研华,等. 不同施肥处理对白菜生长及土壤微生物学特性的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(19):161–164.  
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2019.19.038

# 不同施肥处理对白菜生长及土壤微生物学特性的影响

吕 瑞<sup>1,2</sup>, 段瑞军<sup>1</sup>, 罗研华<sup>3</sup>, 徐微风<sup>1,2</sup>, 刘 姣<sup>1</sup>, 胡新文<sup>2</sup>, 郭建春<sup>1</sup>

(1. 中国热带农业科学院热带生物技术研究所, 海南海口 570100; 2. 海南大学, 海南海口 570100;

3. 海南正强生化技术开发有限公司, 海南海口 570100)

**摘要:**拟研究不同施肥处理[CK(不施肥)、氮磷钾(NPK, 100% 化肥)、M(复合微生物菌肥)、MNPK(80% 化肥 + 复合微生物菌肥)]对白菜(*Brassica pekinensis*)生长、产量指标、土壤理化性质及土壤微生物特性的影响。结果表明, NPK、M、MNPK 处理组相较于 CK 组, 均有利于提高白菜的株高、根长、鲜质量、产量等生物量指标和土壤微生物学指标, MNPK 处理组的效果最明显, 与 NPK 处理组相比, 白菜的株高、根长、鲜质量、含水率、产量、土壤全氮含量、土壤全磷含量、土壤全钾含量、土壤碱解氮含量、土壤有效磷含量、土壤速效钾含量、土壤有机质含量、土壤 pH 值、土壤细菌数量、土壤放线菌数量、土壤微生物生物碳含量、土壤微生物生物氮含量分别增加了 17.66%、7.86%、10.96%、1.60%、21.13%、11.39%、1.70%、6.63%、4.42%、3.39%、4.71%、4.19%、13.79%、42.72%、33.33%、36.11%、4.35%, 霜霉病发病率、土壤真菌数量分别降低了 60%、3.28%; 在施肥处理下, 白菜产量、土壤微生物数量、土壤微生物生物量之间呈一定的正相关关系。综合分析表明, 80% 化肥 + 复合微生物菌肥处理对白菜的生长、增产、改良土壤理化性质及提高土壤微生物数量、生物量等均有一定的作用。

**关键词:**白菜; 微生物肥; 产量; 土壤理化性质; 土壤微生物

**中图分类号:** S634.306<sup>+</sup>.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2019)19–0161–04

施用化肥是现代农业发展不可或缺的重要增产措施, 其养分含量高, 肥效快, 增产效果显著。但是, 过量、长期地施用化肥, 导致化肥利用率低、流失率高, 并且会对土壤、水体造成污染<sup>[1]</sup>。复合微生物菌料, 又称菌肥、生物肥料、微生物接种剂, 是指含有有益微生物, 并且以特定微生物的生命活动使作物获得肥效的微生物制品<sup>[2]</sup>, 含有有益微生物菌群、有机质、活性酶及多种微量元素, 能提高土壤肥力、增强植物对养分的吸收、有效改善植物环境等<sup>[3]</sup>。但是, 微生物肥料对土壤改良的效果较缓慢, 在短期内难以满足植物的需求, 因此, 科学合理地施肥、提高肥料利用率成为农业可持续发展的主要研究方向, 其中微生物肥料与化肥的配合施用已经成为目前的研究热点之一<sup>[4]</sup>。

土壤理化性状是影响土壤肥力的内在条件, 也是综合反映土壤质量的重要组成部分<sup>[5]</sup>。对土壤的理化性质进行研究, 可以反映土壤近期的肥力供应状况。土壤微生物是土壤生物肥力的核心, 是构成土壤肥力不可或缺的组成部分, 不仅可以调节植物的生长发育、抑制病害微生物的生长, 而且可以促进植物所需营养元素的循环、土壤肥力的保持及能量转化<sup>[6]</sup>。其中, 土壤微生物的参数又包括土壤微生物的数量、生物量、酶活性等, 土壤微生物数量包括细菌、真菌、放线菌等的数量, 有学者指出, 长期施用有机肥可以提高土壤的微生物

数量<sup>[7]</sup>; 土壤微生物量是指示不同生态系统土壤肥力和生物区系的重要生物学指标<sup>[8]</sup>, 主要用土壤微生物量氮、土壤微生物量碳、土壤微生物量磷含量来表示。因此可见, 土壤微生物活性、数量不同, 都会对土壤肥力产生不同的影响<sup>[9–11]</sup>。

本试验拟研究不同施肥处理对白菜生长、产量指标及土壤理化性质、土壤微生物特性的影响, 以期寻找化肥与微生物肥的最佳配合施用方式, 为绿色、高产、健康的白菜生产提供科学理论依据。

## 1 研究区概况、材料与方法

### 1.1 研究地区概况

本试验于 2017 年 3 月在海南省海口市龙华区城西镇高坡村进行, 该地区属于热带海洋性季风气候, 春季温暖少雨多旱, 夏季高温多雨, 全年日照时间长, 辐射能大; 白菜喜冷凉气候环境, 最佳种植时间为 3—6 月, 平均生长周期为 25~30 d。试验田的土壤类型为砖红壤, 基本肥力状况如下: 全氮含量为 1.63 g/kg, 全磷含量为 4.38 g/kg, 全钾含量为 26.21 g/kg, 碱解氮含量为 92.4 mg/kg, 有效磷含量为 54.3 mg/kg, 速效钾含量为 95.4 mg/kg, 有机质含量为 36.45 g/kg, pH 值为 5.7。

### 1.2 试验材料

本试验作物为市售白菜; 复合微生物菌肥由海南正强生化技术开发有限公司提供, 该菌肥含有枯草芽孢杆菌(9.3 亿 CFU/g)、光合细菌、侧孢杆菌(6.37 亿 CFU/g)等活菌, 施用量为 150 kg/hm<sup>2</sup>; 试验用氮肥为尿素(含 46% N, 用量为 175 kg/hm<sup>2</sup>), 磷肥为普钙(含 16% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 用量为 90 kg/hm<sup>2</sup>), 钾肥为氯化钾(含 60% K<sub>2</sub>O, 用量为 125 kg/hm<sup>2</sup>), 均为市售。

收稿日期: 2018–06–26

基金项目: 海南省自然科学基金(编号: 318MS094); 中国热带农业科学院院本级基本科研业务费(编号: 1630092018020)。

作者简介: 吕 瑞(1993—), 女, 安徽阜阳人, 硕士研究生, 主要从事植物抗逆研究。E-mail: 1611561282@qq.com。

通信作者: 郭建春, 博士, 研究员, 主要从事植物抗逆研究。E-mail: jianchunguoh@163.com。

1.3 试验设计

本试验设计 4 个处理,分别为(1)CK,对照组,不施用任何肥料;(2)氮磷钾(NPK),施用 100% 化肥;(3)M,施用复合微生物菌肥;(4)MNPK,施用 80% 化肥 + 复合微生物菌肥,施用量均根据各处理所需百分比作减少或增加<sup>[12]</sup>,并用微生物菌肥代替化肥。前期预试验分别测定 100% 化肥 + 复合微生物菌肥、80% 化肥 + 复合微生物菌肥、60% 化肥 + 复合微生物菌肥对白菜生长、产量指标的影响。结果发现,80% 化肥 + 复合微生物菌肥较适合白菜的生长,因此,本试验在此基础上选择 80% 化肥 + 复合微生物菌肥进行进一步研究,每个处理设计 2 个小区试验且重复种植 3 茬。

1.4 样品的采集及分析

1.4.1 样品采集 在每茬白菜成熟期,于每个小区随机选取 5 株植株测定生物量,并取植株根际 0 ~ 10 cm 土层土样,除去落叶、枯草等杂质后混匀,低温下运送至实验室,于 4 ℃ 冷藏保存,其中一部分土样用于测定土壤的理化性质,另一部分过筛后保存于无菌袋中,用于土壤微生物特性的测定。

1.4.2 土壤理化性质、微生物数量及微生物量的测定 测定土壤 pH 值时,将土、水按照 1 g : 5 mL 的比例充分混合,研磨搅拌静置后使用 pH 计测定;土壤全氮含量的测定采用半微量凯氏法,全磷含量的测定采用钼锑抗比色法,全钾含量的测定采用火焰分光光度法,碱解氮含量的测定采用碱解扩散法,

有效磷含量的测定采用氯化铵 - 盐酸提取 - 钼锑抗比色法,速效钾含量的测定采用乙酸铵浸提 - 火焰光度法,土壤有机质含量的测定采用重铬酸钾法;土壤微生物数量的测定参考《土壤微生物分析方法手册》<sup>[13]</sup>;土壤微生物量的测定采用三氯甲烷熏蒸浸提法<sup>[14]</sup>。

1.4.3 数据分析 数据采用 Excel 2007 进行均值及标准差分析,采用 SPSS 17.0 软件进行单因素方差分析(ANOVA)、最小显著性差异法(LSD)分析、多重比较、相关性分析等。

2 结果与分析

2.1 白菜生长指标及产量的分析

由表 1 可以看出,各施肥处理的生长及产量指标均与 CK (对照)组存在显著差异( $P < 0.05$ ),其中 MNPK 处理与 M、NPK 处理的各指标间也存在显著差异;MNPK 处理在株高、根长、鲜质量、含水率、产量指标上均最高,与 NPK、M 处理相比,株高分别提高了 17.66%、19.69%,根长分别提高了 7.86%、10.86%,鲜质量分别提高了 10.96%、11.98%,含水率分别提高了 1.60%、1.99%,产量分别提高了 21.13%、22.17%;MNPK 处理与其他处理相比,霜霉病发病率最低。综上可知,MNPK 处理组较其他 3 组更能够促进白菜的生长及产量的提高,同时能够抑制白菜霜霉病的发生。

表 1 不同施肥处理对白菜生长及产量的影响

处理	株高 (cm)	根长 (cm)	地上部鲜质量 (g)	地上部干质量 (g)	含水率 (%)	霜霉病发病率 (%)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
CK	24.82 ± 0.94c	13.38 ± 1.02c	302.37 ± 3.01c	19.08 ± 0.48a	93.69 ± 2.22c	13.67 ± 0.87a	40 080 ± 330c
NPK	33.07 ± 1.03b	16.66 ± 1.11b	326.38 ± 3.29b	16.42 ± 0.14b	94.97 ± 2.34b	10.00 ± 0.24b	52 810 ± 410b
M	32.51 ± 1.54b	16.21 ± 0.99b	323.42 ± 4.02b	17.43 ± 0.61b	94.61 ± 1.49bc	7.33 ± 0.09c	52 360 ± 470b
MNPK	38.91 ± 0.87a	17.97 ± 1.32a	362.15 ± 3.48a	12.71 ± 0.22c	96.49 ± 2.14a	4.00 ± 0.06d	63 970 ± 540a

注:同列数据后标有不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )。表 2 同。

2.2 土壤养分及理化性质分析

如表 2 所示,各施肥处理的土壤全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、速效钾、有机质含量均高于 CK,且大部分差异显著( $P < 0.05$ )。NPK 处理与 MNPK 处理之间的全磷、全钾、有效磷、速效钾、有机质含量差异不显著。MNPK 处理除 pH 值外的各指标均最高,与 NPK、M 处理相比,全氮含量分别提高了 11.39%、17.19%,全磷含量分别提高了 1.70%、6.21%,全钾含量分别提高了 6.63%、24.35%,碱解氮含量分别提高了 4.42%、7.66%,有效磷含量分别提高了 3.39%、13.46%,速效钾含量分别提高了 4.71%、13.42%,有机质含量分别提

高了 4.19%、6.84%。在 4 个处理组中,土壤的有效磷积累量均在 50 mg/kg 以上,而菜园土壤的有效磷含量大于 60 mg/kg 即为极丰富<sup>[14]</sup>,造成土壤磷素丰富的原因可能有以下 2 点:(1)由于白菜是叶菜类作物,对氮、钾的需求量高于磷,因此土壤中有较多的磷素累积;(2)本试验田前期长期种植蔬菜,大量施用磷肥造成该地土壤中的磷素大量富集。此外,由表 2 可知,CK 组土壤的 pH 值平均为 5.66,偏酸性,NPK 处理与对照组间无显著差异,M、MNPK 处理组 pH 值偏中性,与 CK、NPK 处理组间差异显著。

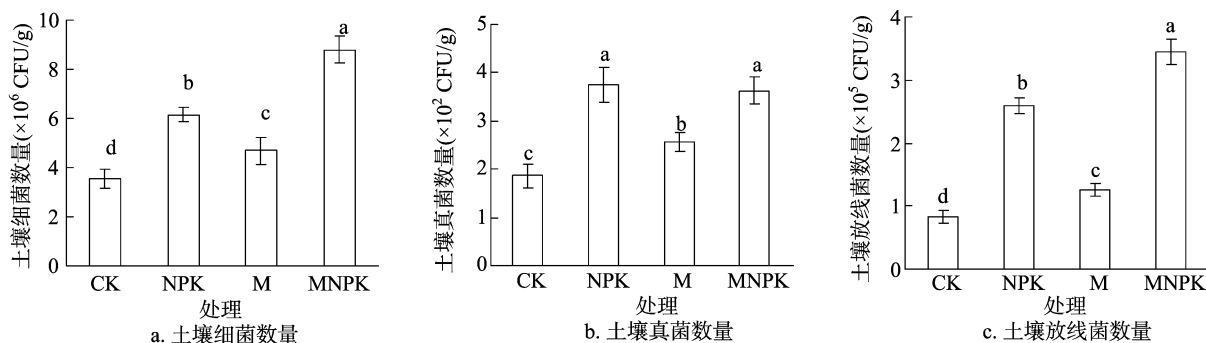
表 2 不同施肥处理的土壤理化性质差异分析

处理	全氮含量 (g/kg)	全磷含量 (g/kg)	全钾含量 (g/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	有效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	有机质含量 (g/kg)	pH 值
CK	1.71 ± 0.02c	4.32 ± 0.09c	26.27 ± 1.25c	83.73 ± 1.90c	51.04 ± 2.76c	88.79 ± 3.15c	38.45 ± 1.36c	5.66 ± 0.55b
NPK	2.02 ± 0.05b	4.71 ± 0.18a	35.30 ± 1.12a	92.51 ± 2.12b	61.39 ± 2.54a	103.17 ± 3.41a	43.65 ± 1.19ab	5.73 ± 0.11b
M	1.92 ± 0.01b	4.51 ± 0.21b	30.27 ± 1.42b	89.73 ± 2.21b	55.94 ± 2.56b	95.25 ± 3.32b	42.57 ± 1.26b	6.55 ± 0.07a
MNPK	2.25 ± 0.03a	4.79 ± 0.13a	37.64 ± 1.08a	96.60 ± 2.43a	63.47 ± 2.18a	108.03 ± 3.70a	45.48 ± 1.52a	6.52 ± 0.03a

2.3 土壤微生物数量分析

如图 1 所示,土壤细菌、放线菌数量在 4 个组间均存在显著差异,且高于 CK 组,其中 MNPK 处理最高,与 NPK 处理组相比,土壤细菌、放线菌数量分别增加了 42.72%、33.33%;

土壤真菌数量表现为 NPK、M、MNPK 处理组均高于 CK 组,NPK 处理组最高,与 MNPK 处理组间差异不显著。以上结果说明,化肥及复合微生物菌肥配合施用,更能增加土壤微生物数量,其中复合微生物菌肥的施用更有利于土壤细菌及放线



不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )。下图同

图1 不同施肥处理对白菜土壤中微生物数量的影响

菌的生长,化肥的施用则有利于土壤真菌的繁殖。

#### 2.4 土壤微生物生物量分析

在不同施肥处理下,白菜土壤的微生物生物量变化如图2所示,可以看出,与CK组相比,各施肥处理均能够显著增加土壤微生物生物量( $P < 0.05$ ),除NPK和MNPK处理之间的土壤微生物量氮含量差异不显著外,其余各处理间的土壤微

生物生物量的差异均呈显著,其中以MNPK处理组的土壤微生物生物量最高,与NPK、M处理组比,土壤微生物生物量碳含量分别增加了36.11%、48.49%,土壤微生物生物量氮含量分别增加了4.35%、14.29%。总体来说,MNPK处理更能显著增加土壤的微生物生物量。

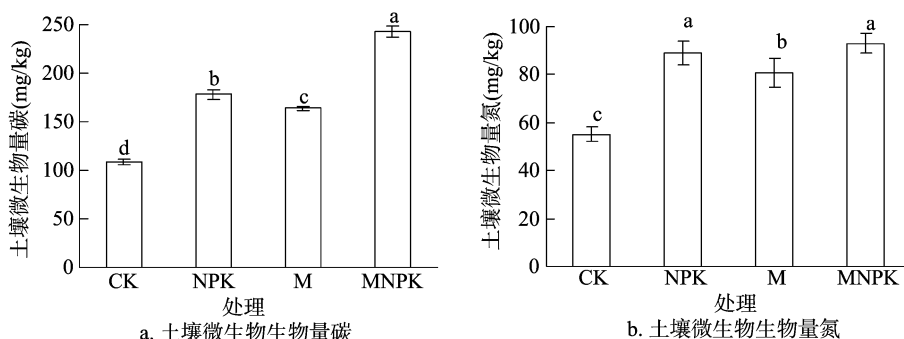


图2 不同施肥处理对白菜土壤微生物生物量的影响

#### 2.5 白菜产量、土壤微生物数量及土壤微生物生物量之间的相关性分析

白菜产量与土壤微生物数量、土壤微生物生物量之间的相关关系如表3所示,可以看出,土壤细菌数量与放线菌数量呈显著相关关系;产量与细菌数量、放线菌数量、MBN均呈显著相关关系,与MBC呈极显著相关关系,MBC与细菌数量、真菌数量、放线菌数量均显著相关关系,MBN与细菌数量、放线菌数量呈显著相关关系。

表3 白菜产量与土壤微生物数量及土壤微生物生物量间的相关性

因子	相关系数					
	细菌数量	真菌数量	放线菌数量	MBC	MBN	产量
细菌数量	1.000	0.725	0.903 *	0.805 *	0.893 *	0.675 *
真菌数量		1.000	0.816	0.774 *	0.612	0.803
放线菌数量			1.000	0.621 *	0.927 *	0.748 *
MBC				1.000	0.854 *	0.957 **
MBN					1.000	0.659 *
产量						1.000

注: \* 为显著相关( $P < 0.05$ )。 \*\* 为极显著相关( $P < 0.01$ )。

### 3 讨论

#### 3.1 不同施肥处理对白菜生长及产量的影响

通过研究不同施肥处理对白菜生长及产量的影响发现,

各施肥处理均能够促进白菜的生长,其促进趋势为MNPK > NPK > M > CK,说明MNPK处理组对白菜生长的效果最佳,能够显著提高植株的株高、根长、鲜质量、含水率及产量指标,同时能够有效减少白菜霜霉病的发生。分析其原因,可能是复合微生物肥本身含有大量土壤活菌,活菌进入土壤后大量繁殖,能够促进土壤菌群活力,改善土壤环境,从而促进白菜植株的生长。M处理组的效果不及NPK、MNPK处理组,其原因可能是白菜为叶菜类作物,需要大量氮、钾元素,而这些元素通过化肥能够更加快速地得到补给。因此可见,MNPK处理组,即80%化肥+复合微生物菌肥的效果优于单施化肥或微生物肥处理组,更利于白菜的生长,此结果与蒋永梅等关于微生物肥和化肥配合施用促进青梗花椰菜生长的研究结果<sup>[4]</sup>相一致。

#### 3.2 不同施肥处理对土壤理化性质的影响

通过对土壤理化性质的研究发现,各施肥处理均能不同程度地提高土壤全氮含量、全磷含量、全钾含量、碱解氮含量、有效磷含量、速效钾含量、pH值、有机质含量等,其中MNPK处理组的效果最明显。此结果说明,微生物肥料和化肥的配合施用,增加了土壤全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾、有机质含量,提高了土壤pH值,此研究结果与孙中涛等的试验结果<sup>[15-19]</sup>相一致。施用微生物肥有利于改善土壤的理化性质和生物学特性,从而加速土壤养分的分解<sup>[20]</sup>。本研

究中的 NPK 处理组能够增加土壤养分,但其效果低于 MNPK 处理组,原因可能是单施化肥只能为土壤提供速效养分,不能彻底改善土壤的微生物结构。M 处理组的效果低于 NPK、MNPK 2 个处理组,这可能是由于单施微生物肥不能满足植物生长所需的全部养分<sup>[12]</sup>,这与蒋永梅等的研究结果<sup>[4]</sup>相一致。鄢洪海通过对青岛地区连续几年白菜种植的对比试验表明,呈酸性质地的土壤(pH 值为 4.5~6.0)中大白菜根肿病的发生高于呈中性质地的土壤(6.5~7.5),表明土壤偏酸性更有利于大白菜根肿病的发生<sup>[21]</sup>。在本试验中,对照组的土壤 pH 值为 5.66,偏酸性,NPK 组与 CK 组无显著差异,M、MNPK 组与 CK、NPK 组差异显著,pH 值偏中性,说明施用微生物肥能够改善土壤的 pH 值,此结果与张建嶺等研究得出的长期施用复合微生物肥料后农田土壤 pH 值呈中性,而长期施用化肥的农田土壤 pH 值呈酸性的结果<sup>[22]</sup>一致。本试验周期较短也能呈现此效果的原因可能是,微生物肥本身的 pH 值为中性,高于土壤的 pH 值,对于土壤的 pH 值起到一定的中和作用。

### 3.3 不同施肥处理对土壤微生物数量、土壤微生物生物量的影响

在不同施肥处理下,土壤细菌、放线菌数量的整体趋势为 MNPK>NPK>M>CK,土壤真菌数量的表现为 NPK>MNPK>M>CK,即 MNPK 组与 NPK 组比,土壤细菌、放线菌数量增加,土壤真菌数量减少,说明复合微生物肥和化肥配合施用能够增加土壤细菌、放线菌数量,减少土壤真菌数量;土壤微生物生物量碳、土壤微生物生物量氮的整体趋势为 MNPK>NPK>M>CK,说明复合微生物肥和化肥配合施用能够增加土壤微生物生物量。以上结果说明,复合微生物和化肥配合施用,能够提高土壤的微生物数量、土壤微生物生物量,改善土壤的生物学特性,有利于作物生长,这一结果与蒋永梅等的研究结果<sup>[4,23]</sup>一致。

### 3.4 白菜产量与土壤微生物数量及微生物生物量间的相关性

相关性分析表明,产量与微生物数量、微生物生物量之间呈一定的正相关关系,表明土壤微生物与作物产量关系密切,其原因可能是微生物菌肥中含有数量较多的功能性活菌,它们可以加快土壤有益微生物的繁殖,调控土壤微生物的群落结构,提高肥力,进而提高作物品质和产量<sup>[24]</sup>。微生物数量和微生物生物量之间也大多呈显著正相关关系,表明土壤细菌、真菌、放线菌数量和土壤微生物生物量密切相关,共同影响着土壤的微生物群落,从而改善了土壤环境。

综上,本试验以 80% 化肥+复合微生物肥配合施用,能够有效减少化肥的施用,降低污染,同时能够增加白菜产量,改善土壤理化性质,增加土壤微生物的数量,提高土壤微生物生物量,改善土壤环境,从而为提供绿色、高效、高产的白菜生产提供理论依据。

### 参考文献:

- [1] 陈杰,檀满枝,陈晶中,等. 严重威胁可持续发展的土壤退化问题[J]. 地球科学进展,2002,17(5):720-727.
- [2] 沈宝云,余斌,王文,等. 腐植酸铵、有机肥、微生物肥配施在克服甘肃干旱地区马铃薯连作障碍上的应用研究[J]. 中国土壤

- 与肥料,2011(2):68-70.
- [3] 杨玉新,王纯立,谢志刚. 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.
- [4] 蒋永梅,姚拓,田永亮,等. 微生物肥料对青梗花椰菜生长和土壤微生物特性的影响[J]. 草业科学,2003(34):467-471.
- [5] 王月玲,蔡进军,张源润,等. 半干旱退化山区不同生态恢复与重建措施下土壤理化性质的特征分析[J]. 水土保持研究,2017,14(1):11-14.
- [6] 武晓森,杜广红,穆春雷,等. 不同施肥处理对农田土壤微生物区系和功能的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(1):99-109.
- [7] 罗兰芳,郑圣先,廖育林. 控释氮肥对稻田土壤微生物的影响及其与土壤氮素肥力的关系[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2007,33(5):100-105.
- [8] Smith J L, E A Paul. The significance of soil microbial biomass estimation[J]. Soil Biochemistry,1990(6):357-384.
- [9] 孔文杰. 有机无机肥配合施用的产质量效应与环境效应[D]. 杭州:浙江大学,2006.
- [10] 庞欣,张福锁,王敬国. 不同供氮水平对根际微生物量氮及微生物活度的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2000,6(4):476-480.
- [11] Dick R P, Rasmussen P E, Kerle E A. Influence of long-term residue management on soil enzyme activity in relation to soil chemical properties of a wheat-fallow system[J]. Biology and Fertility of Soils,1988(6):159-164.
- [12] 王国基. 根际促生专用菌肥研制及其对玉米促生作用的研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2014.
- [13] 许光辉. 土壤微生物分析方法手册[M]. 北京:中国农业出版社,1986.
- [14] 吴金水,林启美,黄巧云. 土壤微生物生物量测定方法及其应用[M]. 北京:气象出版社,2006.
- [15] 孙中涛,姚良同,孙凤鸣,等. 微生物肥料对棉田土壤生态与棉花生长的影响[J]. 中国生态农业学报,2005,13(3):54-56.
- [16] 闫瑞端,卫智军,乌仁其其格,等. 微生物肥料对呼伦贝尔打孔羊草草甸草原土壤微生物及酶活性的影响研究[J]. 生态环境学报,2017,26(4):597-604.
- [17] 仇志华,徐振桐,冷如新. 施用阿姆斯特生物肥土壤养分的变化研究[J]. 中国农学通报,1999,15(4):59-60.
- [18] 吕静. 微生物肥料在我国烟草生产中的应用与创新[J]. 中国烟草科学,1999(3):48-50.
- [19] 曹恩晖,侯宪文,李光义,等. 复合菌剂对盆栽番茄土壤理化性质及微生物活性的影响[J]. 生态环境学报,2011,20(5):875-880.
- [20] 王延军,宗良纲,李锐,等. 不同肥料对水稻生长和土壤微生物量的影响[J]. 浙江农业学报,2010,22(6):834-838.
- [21] 鄢洪海. 大白菜根肿病发生特点及影响因子调查研究[J]. 中国植保导刊,2009(8):21-23.
- [22] 张建嶺,赵永锋,陈哲,等. 施用复合微生物肥对农田土壤水分、pH 值的影响[J]. 北京农业,2014(27):216.
- [23] 段洪斌,赵冬,青姚拓,等. 施用生物菌肥对饲用玉米生长和土壤微生物数量的影响[J]. 草原与草坪,2015,35(2):54-58.
- [24] 赵勇,王振学. 不同用量生物菌肥对秋季大白菜产量和品质的影响[J]. 长江蔬菜,2015(8):46-47.