

菌肥与有机无机肥配施对石灰性土壤生化作用强度和微生物数量的影响

胡 可,王 琳,秦俊梅
(山西农业大学 资源环境学院,山西 太谷 030801)

摘要: 通过小区试验,采用完全随机区组设计,研究了不同施肥处理[不施肥(CK)、施化肥(NP)、施有机肥(M)、施有机肥+化肥(M+NP)、施有机肥+化肥+菌肥(M+NP+B)]对石灰性土壤生化作用强度和微生物数量的影响,为有机肥与菌肥在石灰性土壤培肥改良和农业生产上的应用提供科学依据。结果表明,总体上,所有施肥处理的土壤生化作用强度、微生物数量均高于对照。对于土壤氨化、固氮化作用强度,所有含有机肥处理均高于化肥处理,其中M+NP+B处理最高,在玉米生育中后期效果更明显。对于土壤硝化作用强度,所有含有机肥处理均高于化肥处理,其中M+NP处理最高,M+NP+B处理次之,该处理在玉米生育中后期效果更明显。总体上,M+NP+B、M+NP处理纤维素分解作用强度高于M处理,三者都高于NP处理。总体上,所有含有机肥处理的微生物数量均高于化肥处理,其中细菌数量以M处理最高,真菌数量以M+NP+B处理最高。

关键词: 菌肥;石灰性土壤;生化作用强度;微生物数量

中图分类号: S154 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2015)10-0076-05

Effect of Combined Application of Microbial Fertilizer and Organic-chemical Fertilizer on Biochemical Action Intensity and Microbe Quatity of Calcareous Soil

HU Ke,WANG Lin,QIN Junmei
(College of Resources and Environment,Shanxi Agricultural University,Taigu 030801,China)

Abstract: The effect of different fertilization treatments [no fertilizer (CK), chemical fertilizer (NP), organic fertilizer (M), organic fertilizer + chemical fertilizer (M + NP), organic fertilizer + chemical fertilizer + microbial fertilizer (M + NP + B)] on biochemical action intensity and microbe quantity of calcareous soil was studied adopting completely randomized block design in experimental plot, so as to provide the scientific evidence for the improvement of soil fertility by organic fertilizer and microbial fertilizer and its application in agricultural production. The results indicated that the soil biochemical action intensity and microbe quantity of fertilization treatment were higher than that of the CK totally. As to the intensity of ammonification and nitrogen fixation in soil, the treatments with organic fertilizer were higher than the one with chemical fertilizer, and the treatment M + NP + B was the highest, which had the more obvious effect on the middle and later periods of corn growth. As to the intensity of soil nitrification, the treatments with organic fertilizer were higher than the one with chemical fertilizer, and the treatment M + NP was the highest, the treatment M + NP + B taked the second place, which had the more obvious effect on the middle and later periods of corn growth. On the whole, the fibrinolysis intensity of the treatments M + NP + B and M + NP were better than that of M treatment, and which of the treatments M +

NP + B, M + NP and M were all better than that of NP treatment. On the whole, the microbe quantity of organic fertilizer treatments were higher than that of the chemical fertilizer treatment, and the bacteria quantity was the highest in M treatment, the fungus quantity was the highest in M + NP + B treatment.

Key words: microbial fertilizer; calcareous soil; biochemical action intensity; microbial quantity

随着我国加入 WTO, 环保和土壤安全的压力越来越大, 据预测, 我国 2030 年化肥需求量将达到 6 800 万 t, 全国 1 亿 hm^2 耕地平均施肥水平要达到 $680\text{ kg}/\text{hm}^2$ 是很难的, 也是土壤和环境难以承受的^[1]。而单纯施用化肥虽然可以提高产量与作物品质, 但长期施用对土壤生产力和健康均有一定的抑制作用^[2]。因此, 随着科学技术的发展和农业产业结构的调整, 对新型肥料的需求日益迫切, 有机肥料和菌肥也就应运而生。许多研究表明, 施用有机肥能够不同程度提高土壤养分有效性, 增加土壤微生物数量, 提高土壤酶活性, 改善作物营养环境, 保护土壤生态环境^[3-5], 因此, 在肥料生产中受到广泛应用。另外, 有研究证明, 将土壤微生物引入土壤对提高土壤肥力有十分重要的现实意义^[6]。施用菌肥或微生物活化剂能迅速熟化土壤、固定空气中的氮素、参与养分的转化、促进作物对养分的吸收、分泌激素刺激作物根系发育、抑制有害微生物的活动等, 从而改善土壤质量, 提高作物产量^[7-9]。目前, 有机肥已广泛应用到土壤肥力改良、作物品质提高等方面。生物菌肥则主要应用于小麦和水稻等多种粮食作物上^[10-13], 在蔬菜和林木上的应用也取得了较好效果^[14-19], 但生物菌肥与有机肥、无机肥配施之后对石灰性土壤改良作用的研究甚少。为此, 研究了生物菌肥和有机无机肥配施对石灰性土壤生化作用强度和微生物数量的影响, 为有机肥与微生物菌肥在石灰性土壤培肥改良和农业生产上的应用提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

试验地点位于山西省太谷县山西农业大学试验田 ($37^{\circ}25.14'N$ 、 $112^{\circ}34.20'E$), $0\sim20\text{ cm}$ 土壤养分见表 1。该区域属暖温带半湿润大陆性季风气候, 年平均气温为 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, 年均降水量为 552.2 mm , 无霜期为 150 d 左右。

表 1 供试土壤基本理化性状

| 全氮/ (g/kg) | 全磷/ (g/kg) | 有机质/ (g/kg) | 碱解氮/ (mg/kg) | 有效磷/ (mg/kg) | pH |
|---------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|-----|
| 0.30 | 0.32 | 8.20 | 25.66 | 3.40 | 7.7 |

1.2 试验材料

供试化肥、有机肥从市场购得; 菌肥由山西

农业大学资源环境学院实验室自行配制, 含有机质 $\geq 3.0\%$, 氮、磷、钾总量 $\geq 5.0\%$, 所含活性有益菌(固氮菌、磷细菌、钾细菌)数量 $\geq 4.2\times 10^8\text{ cfu/g}$ 。供试作物为玉米(农大 108), 生育期为 125 d 左右。

1.3 试验设计

试验采用完全随机区组设计, 共设置 5 个施肥处理, 分别是 CK: 不施肥, NP: 施化肥(尿素 $261\text{ kg}/\text{hm}^2$ 、过磷酸钙 $750\text{ kg}/\text{hm}^2$), M: 施有机肥($9\text{ }600\text{ kg}/\text{hm}^2$), M + NP: 施有机肥($5\text{ }800\text{ kg}/\text{hm}^2$) + 化肥(尿素 $104\text{ kg}/\text{hm}^2$ 、过磷酸钙 $290\text{ kg}/\text{hm}^2$), 施 M + NP + B: 有机肥($5\text{ }800\text{ kg}/\text{hm}^2$) + 化肥(尿素 $104\text{ kg}/\text{hm}^2$ 、过磷酸钙 $290\text{ kg}/\text{hm}^2$) + 菌肥($300\text{ kg}/\text{hm}^2$), 每个处理重复 3 次。其中, 尿素含 N 46% , 过磷酸钙含 P_2O_5 12% ; 有机肥使用腐熟鸡粪, 养分含量为 N 1.24% 、 P_2O_5 0.95% 、 K_2O 1.02% 。不同施肥处理中几乎施入等量氮和磷, 即约施 N $120\text{ kg}/\text{hm}^2$ 、 P_2O_5 $90\text{ kg}/\text{hm}^2$ 。小区面积为 15 m^2 。该试验于 2014 年 4 月 25 日进行玉米播种, 当年 9 月 10 日收获。

1.4 测定项目及方法

于玉米苗期、拔节期、灌浆期、成熟期分别采集土样, 采样深度为 $0\sim20\text{ cm}$ 。土壤氨化、硝化、固氮作用强度采用土壤培养法测定^[20-21]; 纤维素分解强度采用埋片法测定^[20-21]; 细菌、真菌、放线菌数量采用平板计数法测定。

1.5 数据处理

试验数据的多重比较采用 DMRT 法。

2 结果与分析

2.1 菌肥与有机无机肥配施对土壤生化作用强度的影响

2.1.1 氨化作用强度 土壤中有有机态氮是全氮的主要组成部分, 而大部分有机态氮是不能被作物直接吸收的, 氨化作用是土壤中有有机态氮转化为铵态氮的过程。从表 2 可以看出, 氨化作用强度随着生育进程的推进先增加后降低, 以灌浆期最高; 苗期, 氨化作用强度表现为 $M + NP + B > M > M + NP > NP > CK$, 前 3 个处理显著高于后 2 个处理, 但前 3 个处理之间差异不显著, 后 2 个处理之间差异不显著; 拔节期、灌浆期、成熟期, 氨化作用强度均

表现为 $M + NP + B > M + NP > M > NP > CK$, 其中, 灌浆期、成熟期 $M + NP + B$ 处理显著高于其他处理, 较 $M + NP$ 处理分别显著提高 6.82%、7.14%, 较 NP 处理分别提高了 28.77%、28.57%。说明菌肥在生育中后期效果明显; 施用肥料可以提高土壤氮化作用强度, 其中含有有机肥处理的效果好于无机肥处理, 含菌肥、有机肥的效果最好。综上所述, 氮化作用强度总体上表现为 $M + NP + B > M + NP > M > NP > CK$, 即含有有机肥的 3 个处理作用效果强于无机肥处理, 这与徐永刚等^[22] 研究结果一致; 且生育前期氮化作用较弱, 中后期氮化作用较强。

表 2 菌肥与有机无机肥配施对土壤氮化作用强度的影响

g/kg

| 处理 | 苗期 | 拔节期 | 灌浆期 | 成熟期 |
|------------|--------|---------|---------|--------|
| NP | 13.80b | 14.20b | 14.60c | 14.00c |
| M | 15.00a | 15.80ab | 16.80bc | 16.50b |
| M + NP | 14.70a | 16.60a | 17.60b | 16.80b |
| M + NP + B | 15.20a | 16.80a | 18.80a | 18.00a |
| CK | 13.00b | 13.40c | 14.20c | 13.60c |

注: 同列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 下同。

2.1.2 硝化作用强度 硝化作用在土壤氮素转化过程中也很重要, 其可把铵态氮转化为硝态氮。由表 3 可知, 硝化作用强度随着生育进程的推进先增加后降低, 以灌浆期最高; 各施肥处理的硝化作用强度均较对照明显提高。其中, 苗期以 $M + NP$ 、 M 处理最高, NP 、 $M + NP + B$ 处理次之, 4 个处理之间差异不显著; 拔节期以 $M + NP$ 处理最高, NP 、 $M + NP + B$ 处理次之, 3 个处理之间差异不显著; 灌浆期、成熟期均以 $M + NP + B$ 处理最高, $M + NP$ 处理次之, 2 个处理之间差异不显著。综上, 在作物生长前期, $M + NP$ 处理硝化作用强度最高, $M + NP + B$ 处理次之; 在作物生长的中后期, $M + NP + B$ 处理硝化作用强度最高, $M + NP$ 处理次之。

表 3 菌肥与有机无机肥配施对土壤硝化作用强度的影响

g/kg

| 处理 | 苗期 | 拔节期 | 灌浆期 | 成熟期 |
|------------|--------|--------|--------|--------|
| NP | 0.26a | 0.28a | 0.30b | 0.27ab |
| M | 0.27a | 0.25b | 0.32ab | 0.30a |
| M + NP | 0.27a | 0.30a | 0.35a | 0.30a |
| M + NP + B | 0.24ab | 0.27ab | 0.36a | 0.32a |
| CK | 0.21b | 0.23b | 0.27c | 0.25b |

2.1.3 固氮作用强度 土壤固氮作用可以把分子态氮固定形成氨, 从而被作物直接利用。由表 4 可知, 总体上固氮作用强度随着生育进程的推进先增加后降低, 以灌浆期最高 (NP 、 CK 除外); 各生育时期均以 $M + NP + B$ 处理固氮作用强度最高, 其余施

肥处理在不同生育时期的固氮作用强度大小表现不一, 但总体以 $M + NP$ 处理次之。其中, $M + NP + B$ 处理固氮作用强度在灌浆期和成熟期显著高于其他处理, 说明菌肥在生育中后期效果较明显; 在苗期、拔节期、灌浆期、成熟期分别比 $M + NP$ 处理提高 3.03%、12.50%、11.11%、15.63%, 比 NP 处理提高了 9.68%、12.50%、37.93%、23.33%。

表 4 菌肥与有机无机肥配施对土壤固氮作用强度的影响

g/kg

| 处理 | 苗期 | 拔节期 | 灌浆期 | 成熟期 |
|------------|--------|--------|-------|-------|
| NP | 0.31ab | 0.32ab | 0.29b | 0.30b |
| M | 0.26b | 0.34a | 0.35b | 0.34b |
| M + NP | 0.33a | 0.32ab | 0.36b | 0.32b |
| M + NP + B | 0.34a | 0.36a | 0.40a | 0.37a |
| CK | 0.30ab | 0.33ab | 0.31b | 0.30b |

2.1.4 纤维素分解作用强度 土壤中存在数量众多的能够降解纤维素的微生物, 包括细菌、真菌、放线菌, 它们可以将有机物分解成简单的物质, 从而被微生物和作物所利用。由表 5 可知, 纤维素分解作用强度随着生育进程的推进先增加后降低, 以灌浆期最高; 各施肥处理的土壤纤维素分解作用强度均较对照提高。其中, 苗期, $M + NP$ 处理纤维素分解作用强度最高, M 、 $M + NP + B$ 处理次之, 3 个处理间差异不显著; 拔节期, M 处理纤维素分解作用强度最高, $M + NP$ 、 $M + NP + B$ 处理次之, 3 个处理间差异不显著; 灌浆期、成熟期, $M + NP + B$ 处理纤维素分解作用强度最高, $M + N$ 、 M 处理次之, 3 个处理间差异不显著, 说明菌肥在生育中后期效果较明显。总体上, $M + NP + B$ 、 $M + NP$ 处理纤维素分解作用强度高于 M 处理, 三者均优于 NP 处理。

表 5 菌肥与有机无机肥配施对土壤纤维素分解作用强度的影响

%

| 处理 | 苗期 | 拔节期 | 灌浆期 | 成熟期 |
|------------|--------|--------|--------|-------|
| NP | 2.06ab | 2.26a | 2.30ab | 2.20b |
| M | 2.16a | 2.36a | 2.44a | 2.40a |
| M + NP | 2.20a | 2.34a | 2.48a | 2.46a |
| M + NP + B | 2.12a | 2.30a | 2.52a | 2.50a |
| CK | 2.01ab | 2.12ab | 2.20b | 2.16b |

2.2 菌肥与有机无机肥配施对土壤微生物数量的影响

2.2.1 细菌 土壤微生物是土壤的重要组成部分, 细菌是土壤中含量最多的微生物, 经常用它来反映土壤中物质代谢转化的旺盛程度。由表 6 可知, 各施肥处理土壤的细菌数量均较对照显著增加, 总体以 M 处理最高, 其余施肥处理在不同生育时期的细菌数量多少表现不一, 但总体以 $M + NP + B$ 、 $M + NP$

处理次之。

表 6 菌肥与有机无机肥配施对土壤细菌数量的影响

| × 10 ⁷ cfu/g | | | | |
|-------------------------|--------|-------|-------|--------|
| 处理 | 苗期 | 拔节期 | 灌浆期 | 成熟期 |
| NP | 1.20ab | 1.51a | 1.48b | 1.31b |
| M | 1.41a | 1.72a | 2.02a | 1.65ab |
| M + NP | 1.21ab | 1.63a | 1.61b | 1.55ab |
| M + NP + B | 1.03b | 1.51a | 1.95a | 1.82a |
| CK | 0.75c | 0.91b | 1.20c | 1.01c |

2.2.2 放线菌 一般情况,放线菌是土壤中含量仅次于细菌的第二大类微生物,其与土壤腐殖质的形成密切相关。由表 7 可知,各施肥处理土壤的放线菌数量均较对照增加,但在不同生育时期各施肥处理细菌数量多少表现不一,但均表现为 M + NP + B、M + NP、M 处理高于 NP 处理,除灌浆期外均达到显著水平。

表 7 菌肥与有机无机肥配施对土壤放线菌数量的影响

| × 10 ⁴ cfu/g | | | | |
|-------------------------|-------|-------|--------|-------|
| 处理 | 苗期 | 拔节期 | 灌浆期 | 成熟期 |
| NP | 0.91b | 0.98b | 1.21ab | 0.91b |
| M | 1.22a | 1.35a | 1.38a | 1.20a |
| M + NP | 1.31a | 1.25a | 1.32a | 1.28a |
| M + NP + B | 1.23a | 1.30a | 1.25ab | 1.31a |
| CK | 0.80b | 0.85b | 1.01b | 0.81b |

2.2.3 真菌 正常土壤中真菌数量低于细菌和放线菌,真菌能够加快土壤中有机物质的分解转化。由表 8 可知,各施肥处理土壤的真菌数量均较对照显著增加,各生育时期均表现为 M + NP + B > M > M + NP > NP > CK,说明菌肥与有机无机肥配施最有利于真菌数量的增加,其次是有机肥。

表 8 菌肥与有机无机肥配施对土壤真菌数量的影响

| × 10 ³ cfu/g | | | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 处理 | 苗期 | 拔节期 | 灌浆期 | 成熟期 |
| NP | 0.74c | 0.82b | 0.95b | 0.88c |
| M | 0.94a | 1.02a | 1.28a | 1.23a |
| M + NP | 0.84b | 1.01a | 1.22a | 1.14b |
| M + NP + B | 1.02a | 1.15a | 1.30a | 1.25a |
| CK | 0.55d | 0.70c | 0.73c | 0.75d |

3 结论与讨论

本研究结果表明,菌肥与有机无机肥配施提高土壤氨化、固氮作用强度的效果最好,有机肥和无机肥配施处理次之。菌肥与有机肥和无机肥配施、有机肥和无机肥配施提高纤维素分解作用强度的效果较好。有机肥与无机肥配施、菌肥与有机肥和无机肥配施对于提高土壤硝化作用强度均起到了良好的

效果,这可能是尿素经脲酶催化水解成铵态氮,之后被土壤中亚硝化、硝化细菌逐级硝化为硝态氮,生成的硝态氮很容易向地下迁移,造成养分的损失,配施有机肥、菌肥后改善了土壤结构,增加了团聚体含量,增加了阳离子代换量,有效地阻止了硝态氮向地下迁移,从而增加了土壤硝态氮的含量^[23]。也有学者认为有机质之所以能够促进土壤硝化作用强度是因为有机质经氨化作用产生的氨是硝化作用的前体物质,此外有机质为土壤微生物的繁殖提供碳源^[24]。此外,有研究表明,单施菌肥不能明显提高土壤生物活性和满足作物对养分的需求,尤其是在养分贫瘠土壤上,单施菌肥的效果并不明显;菌肥与有机、无机肥料配施能更好地提高土壤肥力^[25-27]。这与本研究部分结果相符。

不同施肥处理在一定程度上均提高了土壤中细菌、放线菌、真菌的数量,其中细菌数量增加幅度最大,真菌次之,放线菌最少,说明各施肥处理对土壤不同种类微生物的影响程度不同。有机肥 + 化肥 + 菌肥、有机肥 + 化肥、有机肥处理更能促进细菌数量增加;含有机肥的 3 个处理均能提高土壤真菌数量,其中菌肥与有机无机肥配施处理效果最明显;含有机肥的 3 个处理更能促进放线菌数量的增加,单施化肥处理虽然也能促进土壤中微生物数量增长,但效果明显低于含有机肥的 3 个处理。这是因为一方面含有机肥、菌肥的处理有机质含量丰富且蕴藏着大量微生物;另一方面,有机肥料可以为微生物提供丰富的碳源、氮源和能源及微量元素,为微生物提供合适的碳氮比,为其大规模生长繁殖创造了有利条件,因此含有机肥和菌肥的处理微生物数量高于其余处理。说明,有机、无机肥和菌肥的配合施用可以给土壤微生物提供适合的并较为充足的碳源,促使其大量繁殖。微生物数量增加后,又能充分发挥其生化功能,对于改善土壤质量具有促进作用。

参考文献:

[1] 赵秉强,张福锁,廖宗文,等. 我国新型肥料发展战略研究[J]. 植物营养与肥料学报,2004,10(5):536-545.

[2] SmitB, Waltner Toews D, Rapport D, *et al.* Agroecosytem health: Analysis and assessment[M]. Guelph, Ontario: University of Guelph,1998:1-14.

[3] 董俊霞,魏成熙,王晓峰,等. 甲壳素有机肥对烤烟根际土壤微生物数量的影响[J]. 贵州农业科学,2010,38(2):109-111.

[4] 李俊华,沈其荣,褚贵新,等. 氨基酸有机肥对棉花根际和非根际土壤酶活性和养分有效性的影响[J]. 土壤,2011,43(2):277-284.

- [5] 毕军,夏光利,毕研文,等.腐殖酸生物活性肥料对冬小麦生长及土壤微生物活性的影响[J].植物营养与肥料学报,2005,11(1):99-103.
- [6] 毕银丽,吴福勇,武玉坤.丛枝菌根在煤矿区生态重建中的应用[J].生态学报,2005,25(8):2068-2073
- [7] 李树志.生物复垦技术[J].煤矿环境保护,1995,9(2):18-20.
- [8] 张文敏,马彦卿,孟娜.平果铝土矿复垦技术研究[C]//中国土地学会复垦分会.第六次全国土地复垦学术会议论文集.徐州:中国矿业大学出版社,1999:1120-1321.
- [9] 许剑敏.生物菌肥对矿区复垦土壤磷、有机质、微生物数量的影响[J].山西农业科学,2011,39(3):250-252.
- [10] 张睿,刘党校,刘新伦.不同肥力水平下小麦用生物菌肥拌种效果研究[J].西北农业学报,2002,11(1):109-111.
- [11] 洪坚平,谢英荷,Neumann G,等.两种微生物菌剂对小麦幼苗生长和磷吸收机理的影响研究[J].中国生态农业学报,2008,16(1):105-108.
- [12] 鲁杰,刘宝忠,周传远,等.生物有机菌肥对水稻产量及稻米品质的影响[J].中国农学通报,2009,25(6):146-150.
- [13] 朱小梅,刘冲,邢锦城,等.秸秆灰配施生物菌肥对小麦产量及养分吸收与分配的影响[J].华北农学报,2013,28(增刊):337-341.
- [14] 宋玉珍,安志刚,张玉红,等.活性微生物菌肥在大庆苏打盐碱地造林中的应用[J].东北林业大学学报,2008,36(7):17-19.
- [15] 张亚莲,常硕其,刘红艳,等.茶园生物菌肥的营养效应研究[J].茶叶科学,2008,28(2):123-128.
- [16] 何良祖.生物菌肥与农家肥、化肥配合施用对土壤改良和番茄生长的影响[J].长江蔬菜,2009(12):63-64.
- [17] 王立伟,王明友.生物菌肥对番茄连作土壤质量及根结线虫病的影响[J].河南农业科学,2014,43(4):51-55.
- [18] 靳莉君,王景华,黄国俊,等.生物菌肥对红富士苹果生长、产量和品质的效应研究[J].山西农业科学,2004,32(1):46-48.
- [19] 李玉华,许前欣,李明悦,等.微生物菌肥对库尔勒香梨产量、品质的影响[J].天津农业科学,2006,12(2):48-50.
- [20] 许光辉,郑洪元.土壤微生物分析方法手册[M].北京:农业出版社,1986.
- [21] 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.
- [22] 徐永刚,宇万太,马强,等.不同施肥制度下潮棕壤氮素功能群活性的研究[J].水土保持学报,2010,24(3):160-163,169.
- [23] 王胜佳,陈义,李实焯.多熟制稻田土壤有机质平衡的定位研究[J].土壤学报,2002,39(1):9-15.
- [24] 朱兆良,文启孝.中国土壤氮素[M].南京:江苏科学技术出版社,1992.
- [25] 蒋欣梅,夏秀华,于锡宏,等.微生物解磷菌肥对大棚茄子生长及土壤有效磷利用的影响[J].浙江大学学报:理学版,2012,39(6):685-688.
- [26] 朱丹,张磊,韦泽秀,等.菌肥对青稞根际土壤理化性质以及微生物群落的影响[J].土壤学报,2014,51(3):627-637.
- [27] 祁娟,师尚礼,姚拓,等.复合菌肥与化肥配施对寒旱区苜蓿生长特性及土壤养分的影响[J].草原与草坪,2013,33(4):48-53.