

# 不同前作对烤烟土壤健康状况的影响

董宁禹<sup>1</sup>, 焦永吉<sup>1</sup>, 杨建新<sup>2</sup>, 王 永<sup>2</sup>, 蒋士君<sup>1\*</sup>

(1. 河南农业大学 植物保护学院, 河南 郑州 450002; 2. 河南省烟草渑池县分公司, 河南 渑池 472400)

**摘要:** 从土壤微生态健康(氮素功能细菌数量、酶活性和有机碳含量)的角度对采自三门峡地区的不同前作烟田土壤进行了分析。结果表明,不同茬口土壤的细菌总量、有机碳含量、蔗糖酶活性、纤维素酶活性趋势相同,均表现为甘薯>油菜>辣椒>玉米>烟草;不同茬口土壤的淀粉酶活性表现为甘薯>玉米>油菜>辣椒>烟草;只有甘薯、辣椒、油菜茬口的土壤有机碳含量达到了优质烟叶生产的要求,玉米、烟草茬口的偏低;对氮素转化细菌数量的分析表明:氨化、硝化、固氮、反硝化细菌数量最多的前作分别为辣椒、甘薯、玉米、烟草。前茬差异在一定程度上影响了氮素转化细菌菌落类群数量的变化趋势,其中,甘薯、油菜、辣椒茬更有利于土壤硝态氮(适合根系吸收的氮素存在形式)转化。整体来看,对于烟田,轮作土壤的健康指标维持在较高水平,有助于保持土壤质量,有效缓解连作障碍。

**关键词:** 前作; 烟草; 土壤健康机制; 细菌; 有机碳

中图分类号: S151.94 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2013)10-0046-05

## Effect of Different Preceding Crops on Soil Health of Flue-cured Tobacco

DONG Ning-yu<sup>1</sup>, JIAO Yong-ji<sup>1</sup>, YANG Jian-xin<sup>2</sup>, WANG Yong<sup>2</sup>, JIANG Shi-jun<sup>1\*</sup>

(1. College of Plant Protection, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2. Mianchi Branch of Henan Province Tobacco Company, Mianchi 472400, China)

**Abstract:** For the soil samples of tobacco field with different previous crops in Sanmenxia area, the soil micro-ecological health, including the number of nitrogen function bacteria, the enzyme activity and the content of organic carbon, was analyzed. The results showed that the trend of bacteria number, organic carbon content, sucrose enzyme activity and cellulose enzyme activity was same, and the order was sweet potato>oil-seed rape>chilli>corn>tobacco. The previous crops had the following sequence according to the amylase activity: sweet potato>corn>rape>chilli>tobacco. As for soil organic carbon content, only sweet potato, chilli and rape reached the requirements of high quality tobacco production while the organic carbon content of corn and tobacco soils was low. The analysis of function bacteria showed that the ammonification bacteria, nitrification bacteria, nitrogen-fixing bacteria and denitrifying bacteria of chilli, sweet potato, corn and tobacco were the most. The difference from the stubble, to a certain extent, affected the change trend of nitrogen transformation bacterial colony group quantity, among them, the sweet potato, rape, chilli stubble more conducive to soil  $\text{NO}_3^-$  (suitable for root absorption) transformation. Overall, compared with continuous crops, the soil health indicators of crop rotation remain at a high level, which is helpful to maintain soil quality and can relieve the continuous cropping obstacles effectively in tobacco field.

**Key words:** preceding crops; tobacco; soil health mechanism; bacteria; organic carbon

收稿日期: 2013-05-18

基金项目: 河南省烟草公司科技攻关项目(HYKJ201129)

作者简介: 董宁禹(1989-), 男, 河南禹州人, 在读硕士研究生, 研究方向: 土传病害与土壤健康机制。

E-mail: dongningyu208208@163.com

\* 通讯作者: 蒋士君(1964-), 男, 河南永城人, 副教授, 硕士, 主要从事烟草病害研究。E-mail: jiangsj001@163.com

近年来,将土壤微生物群落结构组成、土壤微生物生物量、土壤酶活性等作为土壤健康的生物指标来评价退化生态系统的恢复进程和指导生态系统管理逐渐成为研究热点。利用土壤微生物参数(包括土壤微生物生物量、活性、种群多样性以及土壤各种酶活性和碳、氮含量)来评价土壤健康状况愈来愈受到人们的重视<sup>[1-3]</sup>。

烟草轮作有助于防治多种土传病害,不同前作影响烤烟土壤健康,对烟草的生长发育及产、质量至关重要,理想的前作也是保证烟叶丰产优质的基础<sup>[4]</sup>;大量研究<sup>[5-9]</sup>表明,烤烟土壤细菌数量、有机碳含量、酶活性三者之间呈正相关;氮素生理类群多样性与土壤有机碳含量存在相关性,其丰富度直接影响植物根系可利用氮的转化。多年来,学者们通过探索土壤速效氮、磷、钾,微量元素,根系分泌物等生理生化指标来阐述前作对烤烟土壤的影响。然而,从土壤微生态健康角度进行分析的研究却较少。鉴于此,采用能够代表土壤健康状况的氮素微生物类群、有机碳含量及土壤酶活性 3 个指标,对不同前作烤烟土壤的健康状况进行分析,旨在为烟叶生产提供理论基础。

## 1 材料和方法

### 1.1 土样样品采集

供试土样采自河南省三门峡市渑池县现代烟草农业示范园区的烟田。采样点的确定主要依据当地不同前茬作物,并尽量选择地形地貌、土壤类型、肥力高低相对一致的田块。土样采集时间选择在前茬作物收获后、烤烟移栽前的 5 月份,其中,烟茬地块连作 5 a;垄体土壤取样深度 10 cm 左右;土壤采集用 S 形布点取样法,并采用多点混合取样,每块地的土样由 5~15 个采样点的土壤混合组成,共 5 个样,每个样 3~5 个重复,用四分法弃去多余部分,留 0.5 kg 在室内经风干、磨碎、过筛等前处理制成分析样。取样烟田的前茬作物分别为烟草、玉米、甘薯、辣椒、油菜、芝麻。

### 1.2 项目测定

土壤有机碳含量的测定采用重铬酸钾法<sup>[10]</sup>;土壤淀粉酶、蔗糖酶、纤维素酶活性的测定采用 3,5-二硝基水杨酸比色法<sup>[11]</sup>;土壤细菌总数测定采用平板计数法;氨化细菌、亚硝酸细菌、固氮菌、反硝化细菌测定采用稀释培养法,计数采用 MPN 法<sup>[12]</sup>。

### 1.3 数据处理

试验数据采用 Excel 和 SPSS 17.0 统计分析软件进行处理,并采用 Duncan 法进行方差分析。

## 2 结果与分析

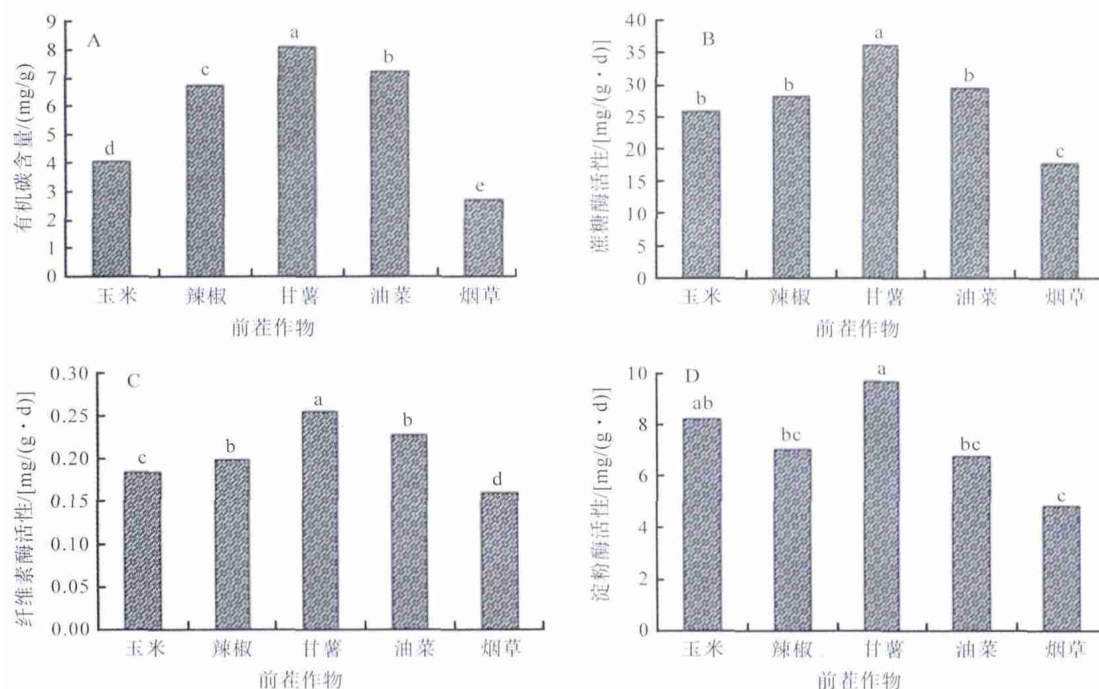
### 2.1 不同前作对烟田土壤有机碳含量及酶活性的影响

2.1.1 有机碳含量 茬口具有季节和肥力两方面的重要特性,其肥力特性对后作土壤理化性状、病虫草感染等产生影响<sup>[13]</sup>。烟草是忌连作作物,连作与土壤酶活性、有机碳含量及病虫害发生程度密切相关<sup>[14]</sup>。由图 1A 可知,烟草连作的土壤有机碳含量较低,轮作的土壤有机碳含量较高;不同前作对有机碳含量的影响差别很大,其中有机碳含量以甘薯茬(8 10 mg/g)最高,烟茬连作 5 a(2 70 mg/g)最低,不同前作间差异均达显著水平。与烟草茬相比,甘薯茬、油菜茬、辣椒茬、玉米茬分别高出 200.00%、166.90%、149.70%、50.00%,说明前茬作物能够改善长期连作烟田土壤有机碳含量偏低( $<5.80$  mg/g)的现状。因此,针对土壤有机碳含量较低的烟茬、玉米茬,应适当增加优质有机肥的施用量。

2.1.2 蔗糖酶活性 蔗糖酶是一种水解酶,可以把土壤中高分子量蔗糖分解成可以被植物和土壤微生物吸收利用的葡萄糖和果糖,从而为土壤生物体提供充分的能源,土壤蔗糖酶活性还可反映土壤有机碳累积与分解转化的规律<sup>[15]</sup>。由图 1B 可见,甘薯、油菜、辣椒、玉米茬土壤蔗糖酶活性均显著高于烟茬,其中甘薯茬蔗糖酶活性最高[36.12 mg/(g·d)],烟茬最低[17.88 mg/(g·d)],辣椒、油菜茬与玉米茬差异不显著。

2.1.3 纤维素酶活性 土壤有机质中含有大量的纤维素,土壤纤维素酶能酶促纤维素中的 D-1,4-葡聚糖水解成 2 个分子的葡萄糖,为土壤微生物代谢提供营养,提高土壤微生物数量及多样性。土壤微生物活性与其活性成正相关<sup>[16]</sup>。由图 1C 可以看出,茬口对烟田土壤纤维素酶活性有不同程度的影响。与烟茬相比,甘薯、油菜、辣椒、玉米茬土壤纤维素酶活性分别高出 66.76%、53.33%、33.33%、20.00%。方差分析表明,不同前作对土壤纤维素酶活性的影响差异明显,甘薯茬显著高于油菜、辣椒、玉米、烟茬,辣椒茬与油菜茬差异不显著。

2.1.4 淀粉酶活性 淀粉酶是催化淀粉水解的一类酶,普遍存在于动植物体内,直接参与土壤有机碳的代谢过程,与有机碳含量显正相关<sup>[15]</sup>。图 1D 表明,茬口间土壤淀粉酶活性存在差异,表现为甘薯>玉米>辣椒>油菜>烟草。烟茬与玉米、甘薯茬差异达显著水平,辣椒茬与油菜茬之间差异不显著。整体来看,轮作倒茬可以提高土壤有机碳含量,增强蔗糖酶、淀粉酶、纤维素酶活性,改善土壤微生态平衡,有利于烟田土壤健康的修复。



不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,图 2 同

图 1 不同前作烟田土壤有机碳含量及酶活性变化

## 2.2 不同前作对烟田土壤细菌总数的影响

由图 2 可见,不同茬口土壤细菌总数表现为甘薯>油菜>辣椒>玉米>烟草,甘薯、油菜、辣椒茬的土壤细菌总数差异不显著,但显著高于玉米、烟草茬。与烤烟重茬 5 a 的土壤细菌数量相比,甘薯、油菜、辣椒、玉米茬分别增加 300.00%、267.33%、233.33%、33.33%。不同前作能够改善土壤微生物生态,有效恢复土壤微生物活性,改善土壤健康状况。

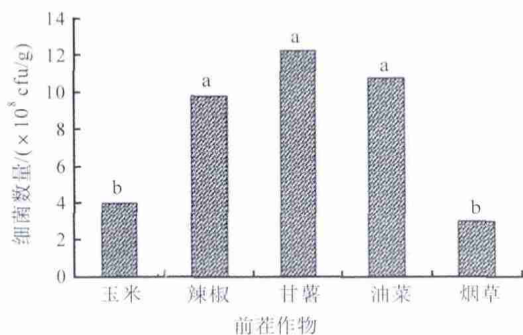


图 2 不同前作烟田土壤细菌数量

## 2.3 不同前作对烟田土壤细菌氮素生理群的影响

不同前作创造不同的土壤环境,从而影响土壤氨化细菌的数量。由图 3 可知,不同茬口土壤氨化细菌数量表现为辣椒>甘薯>玉米>油菜>烟草。辣椒、甘薯、玉米、油菜茬土壤氨化细菌的数量分别较烟茬显著提高了 250.00%、100.00%、75.00%、50.00%,且辣椒茬显著高于其他茬口。氨化细菌数量增加促进了含氮有机化合物的转化,为植物及一

些自养和异养微生物的繁殖和活动创造了良好的营养条件。

前茬作物为甘薯、辣椒、玉米、油菜、烟草的烟田土壤硝化细菌数量之间均存在显著差异,表现为甘薯>油菜>玉米>辣椒>烟草。与烟草重茬相比,前茬作物为甘薯、油菜、玉米、辣椒的烟田土壤硝化细菌数量分别增加 552.17%、291.30%、117.39%、30.43%。土壤硝化细菌数量增加能更有效地促进硝酸盐的生成,对增加土壤肥力以及丰富植物营养有重要意义。

不同茬口土壤固氮菌数量表现为玉米>辣椒>油菜>烟草>甘薯。烟草、辣椒、油菜茬土壤固氮菌数量无显著差异;甘薯茬显著低于烟茬,比烟茬减少 50%。李喆等<sup>[17]</sup>研究表明,好气性固氮菌数量与好气性纤维素分解菌数量呈高度负相关,即存在拮抗作用。甘薯茬口的土壤纤维素酶活性高,纤维素分解菌活性大,可能是导致土壤固氮菌数量下降的原因之一。于洪艳<sup>[18]</sup>研究了培肥方式对黑土氮素转化的影响,结果表明,土壤有机碳含量对土壤好气固氮菌固氮作用强度有明显抑制作用,对硝化强度有促进作用;随着土壤  $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 、 $\text{NO}_3^--\text{N}$  含量的升高,固氮菌固氮作用强度呈下降趋势;土壤速效 N 含量对土壤好气性自生固氮菌固氮强度有极显著的抑制作用,相关系数高达 -0.896 7。

反硝化细菌数量增多会造成土壤氮素损失。方差分析表明,前作烟草、甘薯的土壤反硝化细菌数量

远高于玉米、辣椒、油菜。大量研究<sup>[18-22]</sup>表明,反硝化细菌数量与土壤温度、pH 值、可利用碳含量有直接关系,长期使用有机肥或有机碳含量高的土壤,反硝化细菌数量多。因此,在有机碳含量较高的甘薯茬中,细菌总量增多的同时,反硝化细菌也相对增多。而烟草连作时土壤反硝化细菌数量偏高则可能与土壤总氮含量过高有关。

总之,合理调整前作有利于提高烟田土壤的有机碳含量及酶活性,改善土壤微生态,恢复土壤健康。常影<sup>[22]</sup>及李秀英等<sup>[23]</sup>研究表明,长期单施化肥的土壤,细菌数量降低;单施化肥能够增加土壤固氮菌、硝化细菌数量,降低氨化细菌、反硝化细菌数量;N、P、K 配合施用秸秆或有机肥提高了土壤肥力,氮循环生理菌群数量也得到增加;多数微生物种类的数量与养分含量、作物产量具有正相关关系。王立民<sup>[21]</sup>研究表明,施用农家肥刺激了土壤固氮菌的固氮作用能力。因此,从恢复土壤健康角度出发,甘薯茬口可以增施化肥;玉米、烟草茬口需增施有机肥;辣椒、油菜茬口应注重均衡施肥。

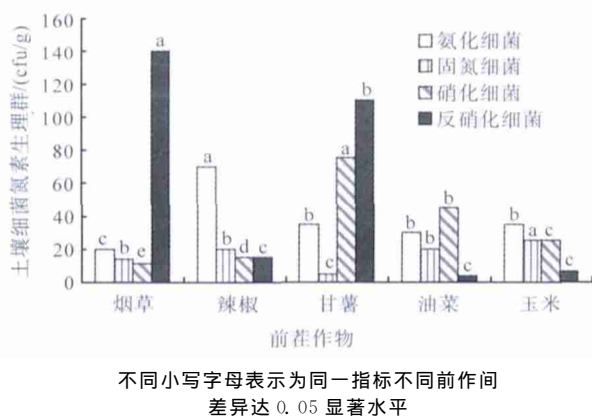


图 3 不同前作烟田土壤细菌氮素生理群变化

### 3 结论与讨论

众所周知,甘薯、芝麻、谷子是烤烟的理想前作<sup>[12]</sup>,前茬作物影响烟叶品质,轮作能够提高烟草土壤质量,改善连作障碍,恢复土壤健康。本研究结果表明,不同茬口烟田的土壤肥力状况不同,土壤有机碳含量表现为甘薯>油菜>辣椒>玉米>烟草。其中甘薯、油菜、辣椒茬口的土壤有机碳含量达到优质烟叶的生产要求,玉米茬和烟茬土壤有机碳含量偏低,不利于烟草的生长,与 Liu 等<sup>[24]</sup>的试验结果一致,这与不同茬口对土壤微生物群落多样性的影响有关,玉米茬、连作烟茬的土壤微生物数量偏低,致使有机营养物的转化能力下降,影响烟草健康生长。

Hati 等<sup>[25]</sup>研究表明,连作能明显降低土壤有机碳含量。Liu 等<sup>[26]</sup>研究结果表明,与轮作相比,连作能降低土壤有机碳 10%左右,轮作是保持土壤有机碳含量的最好方法,连作则不利于有机碳的保持。

不同前茬作物根系对土壤微生态的影响很大,土壤微生态平衡发生变化的实质可能与根系分泌物有关<sup>[27-28]</sup>。本研究结果表明,不同茬口对烟田土壤细菌数量的影响不同,其数量表现为甘薯>油菜>辣椒>玉米>烟草。根系分泌物与氮的有效性有关系,分泌物中的酚酸物质对植物有效氮的供应有一定影响,各种酚酸化合物能抑制土壤氮的硝化作用。根系分泌物还可能作为植物—微生物—土壤体系的一种信息物质,在植物适应逆境胁迫中起重要作用<sup>[20]</sup>。本研究结果表明,甘薯茬土壤硝化细菌数量最多,土壤中的含氮化合物能被更多地转化为适合绿色植物吸收的硝态氮<sup>[29]</sup>,这可能是甘薯茬烟草长势较好的原因之一。辣椒茬有利于增强土壤氨化作用,间接刺激有机氮向硝态氮的转换,其他茬口对氨化细菌的影响较小。玉米茬土壤固氮菌数量较多,可能因为玉米吸收更多氮养分,刺激土壤自生固氮菌的固氮能力;烟草茬土壤释放氮的能力增强,反硝化细菌活性增强,这与王立民<sup>[21]</sup>的研究结果相同。

大量研究表明,土壤细菌生理类群数量与土壤酶活性、有机碳含量、养分含量等具有正相关关系<sup>[30-35]</sup>。本研究结果同样表明,不同前作的土壤酶活性、有机碳含量与细菌数量呈正相关。综合分析认为,甘薯、辣椒、油菜茬的土壤细菌生理类群数量均高于烟茬和玉米茬,更有利于缓解连作障碍、增强土壤酶活性、恢复土壤健康,是烟草种植的良好前茬作物。

#### 参考文献:

- [1] 周丽霞. 土壤微生物学特性对土壤健康的指示作用[J]. 生物多样性, 2007, 15(2): 162-171.
- [2] Abbott L K, Murphy D V. Soil biological fertility[M]. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003.
- [3] Hatfield J L, Stewart B A. Soil biology effects on soil quality [M]. The United States of America: CRC Press, 1994.
- [4] 江凯, 李彰, 王闯灵, 等. 洛阳基本烟田不同茬口土壤特性分析[J]. 江西农业学报, 2010, 22(12): 66-68.
- [5] 石秋环, 焦枫, 耿伟, 等. 烤烟连作土壤环境中的障碍因子研究综述[J]. 中国烟草学报, 2009, 15(6): 81-84.
- [6] 吕国红, 周广胜, 赵先丽, 等. 土壤碳氮与土壤酶相关性研究进展[J]. 辽宁气象, 2005(2): 6-8.
- [7] 罗文遂, 姚政. 促进根系健康的土壤微生态研究[J]. 中

- 国生态农业学报, 2002, 10(1): 44-46.
- [8] 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.
- [9] 郑林林, 任明波, 陈旭, 等. 不同种植方式下烤烟烟田土壤酶活性研究[J]. 中国烟草科学, 2010, 31(3): 23-25.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1998.
- [11] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [12] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [13] 张翔, 范艺宽, 黄元炯, 等. 河南省不同茬口烟田土壤氧分状况评价[J]. 中国烟草学报, 2009, 15(6): 31-35.
- [14] 何川, 刘国顺, 李祖良, 等. 连作对植烟土壤有机碳和酶活性的影响及与土传病害的关系[J]. 河南农业大学学报, 2011, 45(6): 701-705.
- [15] 黄云凤, 高扬, 毛亮, 等. Cd、Pb 单一及复合污染下土壤酶生态抑制效应及生态修复基准研究[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(11): 2258-2264.
- [16] 王静, 李红霞, 张天佑. 旱地全膜覆盖双垄沟播种植模式对土壤纤维素分解菌数量与纤维素酶活性的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2012, 47(3): 39-41.
- [17] 李喆, 元野, 马力, 等. 不同轮作方式对牡丹江地区烟田土壤微生物数量及分布的影响[J]. 东北林业大学学报, 2010, 38(7): 96-98.
- [18] 于洪艳. 培肥方式对黑土区土壤氮素转化的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2006.
- [19] 郭晓彬. 不同农业耕作措施(连作和轮作)对土壤反硝化的影响[D]. 广州: 中山大学, 2009.
- [20] 王欣英. 前茬作物玉米和甘薯对烟草的轮作效应及其机理的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2006.
- [21] 王立民. 培肥方式对黑土氮素转化影响的研究. [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2008.
- [22] 常影. 耕作和施肥对黑土氮素转化菌影响的初步研究. [D]. 长春: 吉林农业大学, 2005.
- [23] 李秀英, 赵秉强, 李絮花, 等. 不同施肥制度对土壤微生物的影响及其与土壤肥力的关系[J]. 中国农业科学, 2005, 38(8): 1591-1599.
- [24] Liu X B, Liu J D, Xing B S, *et al.* Effects of long-term continuous cropping, tillage, and fertilization on soil organic carbon and nitrogen of black soil in China[J]. Commun Soil Sci Plant Anal, 2005, 36(9-10): 1229-1239.
- [25] Hati K M, Swarup A, Singh D, *et al.* Long-term continuous cropping, fertilisation, and manuring effects on physical properties and organic carbon content of a sandy loam soil[J]. Issue of Australian Journal of Soil Research, 2006, 44(5): 487-495.
- [26] Liu X, Herbert S J, Hashemi A M, *et al.* Effects of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation—a review[J]. Plant Soil Environ, 2006, 52(12): 531-543.
- [27] 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.
- [28] Hu Yuan-sen, Wu Kun, Li Cui-xiang, *et al.* Effect of continuous cropping of cucumber on soil microbial population II — Variation analysis based on DGGE approach [J]. Scientia Agriculture Sinica, 2007, 40(10): 2267-2273.
- [29] 伊利亚列特季诺夫 A H. 含氮化合物在土壤中的转化[M]. 北京: 农业出版社, 1985.
- [30] 黄高宝, 李玲玲, 张仁陟, 等. 免耕秸秆覆盖对旱作麦田土壤温度的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(5): 1-4.
- [31] 习陈蓓, 张仁陟. 免耕与覆盖对土壤微生物数量及组成的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2004, 39(6): 634-638.
- [32] 张萍, 刀志灵, 郭辉军. 高黎贡山不同土地利用方式对土壤微生物数量和多样性的影响[J]. 云南植物研究, 1999(增刊): 84-89.
- [33] 薛立, 陈红跃, 毕鸿雁. 马占相思纯林及柚木纯林土壤养分、微生物和酶活性的研究[J]. 华南农业大学学报: 自然科学版, 2002, 23(2): 93-94.
- [34] 邵元元, 邹莉, 王志英, 等. 落叶松人工林土壤养分与微生物群落的变化动态[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(1): 82-85.
- [35] 黄韶华, 王正荣, 朱永绮. 土壤微生物与土壤肥力的关系研究初报[J]. 新疆农垦科技, 1995, 13(3): 6-7.