

蔡倩,孙占祥,郑家明,等. 辽西半干旱区果粮间作对土壤微生物和酶的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(9):361-364.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.09.116

# 辽西半干旱区果粮间作对土壤微生物和酶的影响

蔡倩<sup>1,2</sup>, 孙占祥<sup>1</sup>, 郑家明<sup>1</sup>, 白伟<sup>1,2</sup>, 冯良山<sup>1</sup>, 白一光<sup>3</sup>, 姜涛<sup>3</sup>

(1. 辽宁省农业科学院耕作栽培研究所/辽宁省旱作节水工程中心, 辽宁沈阳 110161;

2. 沈阳农业大学土地与环境学院, 辽宁沈阳 110161; 3. 辽宁省风沙地改良利用研究所, 辽宁阜新 123000)

**摘要:**通过田间小区试验,分析辽西风沙半干旱区果粮间作模式下土壤微生物、酶活性变化规律,研究土壤微生物和酶活性的关系。结果发现,在整个生长季中,3个间作模式的土壤细菌、放线菌和真菌数量及脲酶、酸性磷酸酶和过氧化氢酶活性均表现为仁用杏间作高于仁用杏单作模式,且差异显著;果粮间作模式中土微生物数量与土壤酶活性呈正相关,其中土壤细菌数量与脲酶活性、酸性磷酸酶活性呈显著或极显著正相关;放线菌数量与酸性磷酸酶、过氧化氢酶活性呈显著或极显著正相关。以上结果表明,果粮间作模式提高了土壤微生物数量和酶活性,改善了土壤微环境。

**关键词:**辽西半干旱区;杏树;间作物;土壤微生物;土壤酶活性

**中图分类号:** S344.2;S154 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)09-0361-03

辽西半干旱区位于科尔沁沙地南部,为半固定和固定沙地,冬、春季起沙风达691次以上,平均风速3.33 m/s、最大瞬间风速32 m/s,大风危害严重<sup>[1]</sup>。科尔沁沙地土地荒漠化的迅速发展,加剧了该地区生态环境的恶化<sup>[2]</sup>。因此,做好防风固沙工作不仅对本地区植被恢复、重建和提高土地的生产力具有重要意义<sup>[3]</sup>,而且对保护和改善辽宁东南部城市的生态环境更具有十分重要的意义。而果粮间作模式作为风沙治理的关键措施,在该地区得到了广泛推广,对促进该地区生态环境的迅速恢复,当地经济、社会的协调发展起到了有力的推动作用。近年来,人们在林粮复合模式经济效益分析方面作了大量工作,而对人工固沙系统中十分重视的土壤微生物、土壤酶活性的研究较少。因此,本试验研究了果粮间作系统中土壤微生物和土壤酶动态变化及二者的关系,旨在对该地区果粮间作模式的进一步推广应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料与试验处理

试验于2010年在辽宁省彰武县章古台镇风沙地改良利用研究所的试验站进行,供试土壤为沙土,其基础理化性质为有机质含量0.87%,碱解氮含量12.6 mg/kg,速效磷含量6.75 mg/kg,速效钾含量40.23 mg/kg。本试验以十年生仁用杏超仁为试材,砧木为山杏。仁用杏与作物间作2年,仁用杏株行距为2 m×12 m,间作物行间距0.5 m,共设3个处理:(1)仁用杏间作大豆(I);(2)仁用杏间作花生(II);(3)仁

用杏间作谷子(III)。以仁用杏单作为对照(CK),株行距为2 m×5 m。分别于开花期(5月2日)、果实硬核期(6月20日)、果实转黄期(7月11日)、秋梢生长期(8月20日)和秋梢停长期(9月21日)用土钻取仁用杏树干水平距离约2 m处(即与间作物交界处)0~20 cm土样。采用4分法取样,将3份土样混匀,过直径4 mm筛,去除植物残根石块。部分鲜土测定微生物数量;其余土壤自然风干后,过1.00、0.15 mm筛,用于土壤酶活性的测定,完全随机处理,3次重复。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 测定方法** 用稀释平板法测定土壤细菌、真菌与放线菌数量,分别采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基、马丁孟加拉红培养基与改良高氏一号培养基<sup>[4]</sup>,结果以1 g鲜土所含数量表示。脲酶活性采用苯酚钠比色法,结果以培养1 d后1 g干土转化生成氨态氮(NH<sub>3</sub>-N)的体积(mL)表示;酸性磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法,结果以培养1 d后1 g干土中释出的酚的质量(mg)表示;过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定容量法,结果以培养1 min后1 g干土所消耗0.1 mol/L KMnO<sub>4</sub>的体积(mL)表示<sup>[5-6]</sup>。

**1.2.2 数据分析方法** 采用DPS 7.0数据处理系统进行统计分析,Excel 2003进行作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 仁用杏不同间作模式对土壤微生物数量动态变化的影响

**2.1.1 对细菌数量的影响** 土壤细菌是土壤微生物的主要组成成分,在土壤微生物中数量最多,能分解各种有机物质<sup>[7-8]</sup>。在整个生长季中土壤细菌的动态变化呈“升高—降低”的趋势。开花期各处理细菌数量相对较少;开花期至果实转黄期细菌数量迅速增加;在果实转黄期土壤细菌数量达到最大值;之后细菌数量又缓慢降低。在整个生长季中细菌数量表现为间作大豆>间作花生>间作谷子,均极显著高于CK,细菌数量分别比对照提高26.59%、19.51%、13.34%;此外,3个间作处理之间的细菌数量均差异显著(图1)。

收稿日期:2014-09-09

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2011BAD09B02);公益性行业(农业)科研专项(编号:201103001);国家自然科学基金面上项目(编号:31170407)。

作者简介:蔡倩(1982—),女,辽宁铁岭人,博士研究生,助理研究员,主要从事旱作农业研究。E-mail:caiqian2005@163.com。

通信作者:孙占祥(1967—),男,辽宁抚顺人,博士,研究员,主要从事旱作农业研究。E-mail:sunzhangxiang@sohu.com。

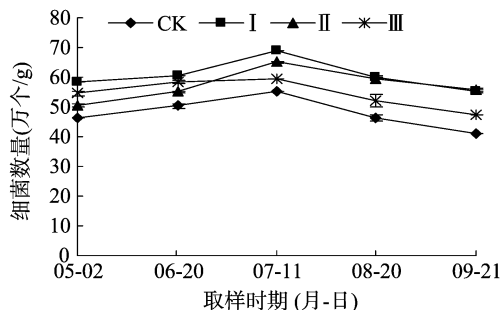


图1 细菌数量动态变化

2.1.2 对放线菌数量的影响 放线菌在数量上仅次于细菌,它对土壤中的有机化合物的分解及土壤腐殖质的合成起重要作用,并能分泌抗生素,拮抗土壤中的病原菌<sup>[8]</sup>。在整个生长季,放线菌数量的动态变化呈“升高—降低”的趋势。开花期各处理放线菌数量差异较小。间作大豆、间作花生、间作谷子处理放线菌数量均极少在秋梢生长期达到高峰,分别为35.53万、34.21万、33.18万 CFU/g,分别比对照高24.87%、24.04%、21.54%,均极显著高于对照。此外,3个间作处理之间的放线菌数量差异显著(图2)。

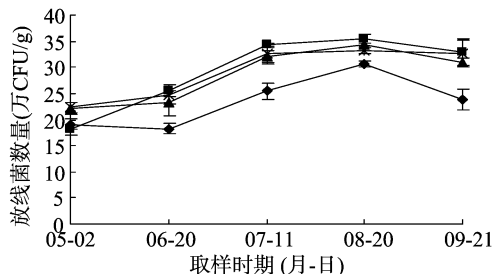


图2 放线菌数量动态变化

2.1.3 对真菌数量的影响 真菌参与土壤有机质的分解与腐殖质的形成,并且参与土壤中的氮化作用与团聚体的形成,数量上低于其他种类微生物,但在生物量上却占有极其重要的地位<sup>[7-8]</sup>。在整个生长季真菌数量的动态变化呈“升高—降低—升高”的趋势。开花期各处理真菌数量差异不大,在果实硬核期间作大豆处理高于其他处理。果实转黄期各处理真菌数量均达到高峰,间作大豆、间作花生、间作谷子处理真菌数量峰值分别为1.531万、1.446万、1.468万 CFU/g。果实转黄期至秋梢生长期各处理真菌数量又呈下降趋势,秋梢停长期各处理均有小幅回升。在整个生长季中真菌数量为间作大豆 > 间作谷子 > 间作花生 > CK,分别比对照提高21.94%、18.33%、17.56%,均极显著高于对照。此外,3个间作处理之间的真菌数量差异显著(图3)。

## 2.2 仁用杏不同间作模式对土壤酶活性动态变化的影响

2.2.1 对土壤脲酶活性的影响 脲酶是土壤中最活跃的水解酶类之一,能水解施入土壤中的尿素,释放出供作物利用的铵,在土壤氮素循环中有重要作用<sup>[9-10]</sup>。各处理土壤脲酶活性动态变化均显“减弱—增强—减弱—增强”的趋势。开花期各处理土壤脲酶活性差异较小,在果实转黄期到达最强,间作大豆、间作花生、间作谷子处理脲酶活性峰值分别为1.64、1.61、1.80 mL/(g·d)。整个生长季中脲酶活性为间作大豆 > 间作花生 > 间作谷子 > CK,并且分别比对照提高15.32%、14.49%、0.34%。间作大豆和间作花生极显著高于对照(图4)。

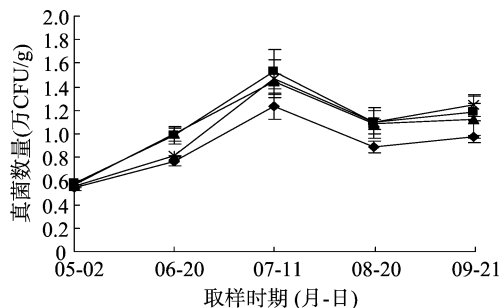


图3 真菌数量动态变化

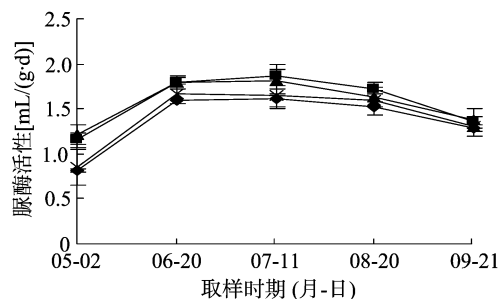


图4 脲酶活性动态变化

2.2.2 对土壤酸性磷酸酶活性的影响 土壤中的磷大部分以有机磷化合物的形式存在,磷酸酶能酶促磷酸单脂和磷酸二脂水解,积累的磷酸酶对土壤磷素的有效性具有重要作用<sup>[5,11]</sup>。从图5中可看出,各处理酸性磷酸酶活性的动态变化趋势相似,均呈现“增强—减弱—增强”的变化趋势。在果实硬核期间作大豆、间作花生、间作谷子处理酸性磷酸酶活性均达到高峰,分别为0.061、0.065、0.050 mL/(g·d)。整个生长季酸性磷酸酶活性为间作花生 > 间作大豆 > 间作谷子 > CK,并且分别比对照提高30.42%、22.21%、10.69%。间作大豆和间作花生之间差异不显著,但均与对照差异极显著(图5)。

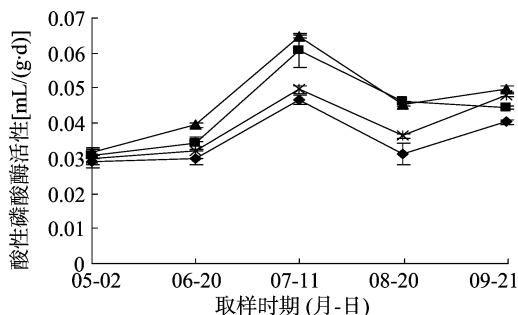


图5 酸性磷酸酶活性动态变化

2.2.3 对土壤过氧化氢酶活性的影响 过氧化氢酶能促进H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>分解成分子氧和水,防止H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>在土壤中积累,从而对生物体产生毒害作用<sup>[11-13]</sup>。各处理过氧化氢酶活性的动态变化趋势均显“增强—减弱—增强”的趋势。在果实硬核期间作大豆、间作花生、间作谷子处理过氧化氢酶活性均达到最强,分别为0.010 25、0.010 55、0.011 85 mL/(g·min)。在果实硬核期达到最低,分别为0.006 4、0.006 25、0.006 3 mL/(g·min)。在整个生长季中过氧化氢酶活性为间作谷子 > 间作花生 > 间作大豆 > CK,且分别比对照提高17.73%、14.77%、14.33%。均与对照均呈现极显著差异(图6)。

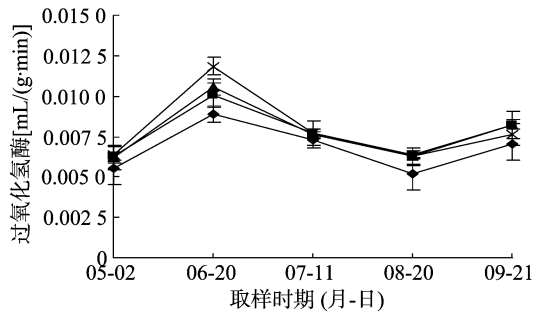


图6 过氧化氢酶活性动态变化

表 1 土壤酶活性与微生物的相关性

指标	相关系数					
	细菌数量	放线菌数量	真菌数量	脲酶活性	酸性磷酸酶活性	过氧化氢酶活性
细菌数量	1.000	0.782 **	0.252	0.659 *	0.728 **	0.334
放线菌数量		1.000	0.338	0.272	0.671 *	0.714 **
真菌数量			1.000	0.074	0.047	0.135
脲酶活性				1.000	0.505	0.091
酸性磷酸酶活性					1.000	0.174
过氧化氢酶活性						1.000

注:  $n=12$ 。\*、\*\* 分别表示在 0.05、0.01 水平上相关显著。

3 结论与讨论

土壤微生物是土壤生态系统的重要组成部分,土壤—植物系统与土壤微生物之间存在相互作用、互为条件的关系<sup>[14]</sup>。王瑛等在麦棉间作中发现,间作相对于单作提高了土壤细菌和真菌的数量<sup>[15-16]</sup>。本研究结果表明,仁用杏间作大豆、花生和谷子模式中的土壤细菌、真菌、放线菌数量均极显著高于仁用杏单作模式,可见果粮间作能明显增加土壤微生物数量。这可能是由于间作能缓解水分竞争,改善土壤水分状况,同时果树与作物根系的互作可以使根系土壤中含有更多的维生素、碳水化合物、氨基酸和有机酸等,从而明显提高土壤中的微生物数量<sup>[17-18]</sup>。

土壤酶活性反映了土壤中各种生物化学过程的强度和方向,它与肥力状况和农业措施有着显著的相关性,是土壤肥力评价的重要指标之一<sup>[19]</sup>。本试验结果表明,仁用杏间作大豆和花生模式中土壤脲酶活性均显著强于仁用杏单作模式,与张恩和等的研究结果<sup>[20]</sup>相似。可能是因为大豆和花生均属于豆科作物,具有固氮作用,对氮营养需求量小,而仁用杏对氮营养需求大,在仁用杏与大豆、花生间作中,仁用杏根系进入大豆和花生根区吸收氮养分,降低了大豆和花生根际土壤氮营养,刺激了大豆和花生根区土壤中脲酶活性的增强<sup>[21]</sup>。仁用杏间作花生、大豆和谷子 3 种间作模式酸性磷酸酶活性均强于仁用杏单作,可见果粮间作模式均不同程度增强了土壤酶活性。土壤酶活性的增强能改善土壤养分状况,提高植物共生期间的养分转化,促进植物对有效养分的吸收,从而保证间作期间的土壤养分供应<sup>[22]</sup>。

普遍认为,土壤酶主要来源于土壤微生物的代谢过程<sup>[23]</sup>。本试验结果表明土壤细菌数量与脲酶活性和磷酸酶活性呈显著或极显著正相关,土壤放线菌数量与磷酸酶活性和过氧化氢酶活性呈显著或极显著正相关,可见果粮间作模式中土壤细菌对脲酶和酸性磷酸酶活性有较大的促进作用,土壤放线

2.3 土壤微生物数量与酶活性的相关性

本试验对仁用杏花期、果实硬核期、果实转黄期、秋梢生长期和秋梢停长期的土壤酶活性和微生物数量相关性进行分析。在果粮间作模式中,土壤细菌数量与放线菌数量和酸性磷酸酶呈极显著正相关,与脲酶活性呈显著正相关;放线菌数量与过氧化氢酶活性呈极显著正相关,与酸性磷酸酶活性呈显著正相关;真菌数量与细菌数量、放线菌数量、脲酶活性、酸性磷酸酶活性、过氧化氢酶活性相关性均不显著(表 1)。

菌对酸性磷酸酶和过氧化氢酶活性有较大的促进作用<sup>[24]</sup>。

参考文献:

[1] 赵立仁,何跃,姜涛. 辽西风沙半干旱区农业生态治理模式[J]. 水土保持应用技术,2008(2):47-49.

[2] 刘新民,赵哈林. 科尔沁沙地生态环境综合整治研究[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社,1993:80-87.

[3] 王占军,蒋齐,刘华,等. 宁夏干旱风沙区林药间作生态恢复措施与土壤环境效应响应的研究[J]. 水土保持学报,2007,21(4):90-93.

[4] Brookes P C, Landman A, Pruden G, et al. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil[J]. Soil Biology & Biochemistry, 1985, 17(6):837-842.

[5] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社,1986.

[6] Zelles L. Fatty acid patterns of phospholipids and lipopolysaccharides in the characterization of microbial communities in soil: a review[J]. Biology and Fertility of Soils, 1999, 29:111-129.

[7] 陈阅增. 普通生物学[M]. 北京:高等教育出版社,1997.

[8] 何振立. 土壤微生物量及其在养分循环和环境质量评价中的意义[J]. 土壤, 1997(2):61-69.

[9] 李东坡,武志杰,陈利军,等. 长期培肥黑土脲酶活性动态变化及其影响因素[J]. 应用生态学报,2003,14(12):2208-2212.

[10] Burns R G. Soil enzymes[M]. New York: Academic Press, 1978.

[11] 彭正萍,门明新,薛世川,等. 腐植酸复合肥对土壤养分转化和土壤酶活性的影响[J]. 河北农业大学学报,2005,28(4):1-4.

[12] 牟金明,宋日,姜亦梅,等. 不同作物根茬还田对土壤酶活性的影响[J]. 吉林农业大学学报,1997,19(4):68-72.

[13] 孙瑞莲,赵秉强,朱鲁生,等. 长期定位施肥对土壤酶活性的影响及其调控土壤肥力的作用[J]. 植物营养与肥料学报,2003,9(4):406-410.

[14] 周丽霞,丁明懋. 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.

刘 飞,周 岭. 棉秆木醋液对牛粪堆肥过程中  $\text{CH}_4$  和  $\text{CO}_2$  排放的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(9):364-369.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.09.117

# 棉秆木醋液对牛粪堆肥过程中 $\text{CH}_4$ 和 $\text{CO}_2$ 排放的影响

刘 飞,周 岭

(塔里木大学机械电气化工程学院/新疆维吾尔自治区普通高等学校现代农业工程重点实验室/

塔里木大学南疆农业机械化研究中心,新疆阿拉尔 843300)

**摘要:**为研究不同浓度棉秆木醋液对畜禽粪便高温堆肥的温室气体排放的调控作用,以牛粪和锯末为试验材料,用生物质热裂解试验装置热解棉秆得到的木醋液作为添加剂,在自制的发酵仓内进行好氧堆肥试验,检测添加不同浓度木醋液对牛粪堆肥过程中温室气体排放情况和碳损失率。结果表明:在堆肥物料中添加木醋液对提高升温速率、缩短堆肥时间、降低碳损失率均有明显效果;与其他处理组相比,添加 3% 的棉秆木醋液对堆肥过程中  $\text{CH}_4$  产生有显著抑制作用,降低了 15% 左右,对  $\text{CO}_2$  的排放抑制作用  $3\# > 2\# > 1\#$ 。

**关键词:**棉秆;好氧堆肥;温室气体;木醋液;粪便

**中图分类号:**S141.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)09-0364-06

全球每年产生大约 80 亿 ~ 100 亿 t 固体废弃物,其中有有机固体废弃物占了很大比例<sup>[1]</sup>。如果不能及时有效地处理这些有机固体废弃物,将会对环境生态系统产生危害,制约经济发展,影响人类生活。近年来,随着堆肥技术的发展,一方面有效合理地处理了有机固体废弃物,并获得有机肥料,减少了化肥的使用量;另一方面却产生了温室气体和臭气,增加了温室气体浓度、污染环境、降低堆肥产品质量,成为制约堆肥化的主要因素<sup>[2]</sup>。堆肥是实现废弃物减量化、资源化、无害化的主要技术途径。在堆肥过程中,有机态氮的降解及其硝化、反硝化作用会产生一定量的  $\text{N}_2\text{O}$ ,其产生量约占堆肥总氮质量的 0.2% ~ 6%,  $\text{CH}_4$  的产生量约占堆肥总碳质量的 0.8% ~ 6%<sup>[3]</sup>,其 100 年温室效应分别是  $\text{CO}_2$  的 25 倍和 298

倍<sup>[4]</sup>。 $\text{NH}_3$  是堆肥过程中产生臭气和降低堆肥产品质量的主要原因<sup>[2]</sup>。

国内外学者对堆肥过程中温室气体的排放已开展了广泛的研究。Chowdhury 等报道低通风速率和添加生物炭能够显著降低  $\text{NH}_3$  和  $\text{CH}_4$  的挥发<sup>[5]</sup>。赵晨阳等研究发现翻堆频率显著提高了猪粪堆肥过程中温室气体和  $\text{NH}_3$  的排放<sup>[6]</sup>;而江滔等发现冬季翻堆能够显著降低  $\text{N}_2\text{O}$  和  $\text{CH}_4$  的排放<sup>[7]</sup>。目前关于堆肥过程温室气体的减排主要集中在堆肥条件的调节和控制<sup>[5-10]</sup>,也有学者通过混合堆肥<sup>[11-12]</sup>、添加过磷酸钙<sup>[3]</sup>、明矾和沸石<sup>[13]</sup>、蚯蚓辅助堆肥<sup>[14]</sup>达到温室气体减排的目的。木醋液(wood vinegar & pyroigneous acid)具有促进生物生长、土壤消毒、杀菌、防虫、防腐、保鲜等作用,在农牧业应用广泛。Chen 等只是在猪粪堆肥中添加竹炭和竹木醋液,结果发现有效地减少了氮素挥发并钝化了铜、锌重金属<sup>[15]</sup>。目前关于添加木醋液在调节种子发芽和根的生长<sup>[16-18]</sup>、杀菌<sup>[19-20]</sup>和育肥猪<sup>[21-22]</sup>方面已有很多研究,但是对堆肥过程温室气体影响的研究相对较少。本试验以牛粪为研究对象,通过添加不同浓度梯度的棉秆木醋液,对比研究堆肥过程  $\text{CH}_4$  和  $\text{CO}_2$  的排放和其他指标变化规律,探讨添加不同浓度木醋液对牛粪堆肥的处理效果并提供实践参考。

收稿日期:2014-09-06

基金项目:国家自然科学基金(编号:51266014);新疆生产建设兵团博士基金(编号:2011BB0123)。

作者简介:刘 飞(1987—),男,硕士研究生,主要从事有机质资源化利用方面的研究。E-mail:lfqust@163.com。

通信作者:周 岭(1972—),女,博士,教授,主要从事生物质资源化开发与利用。E-mail:zhoul-007@163.com。

[15]王 瑛,孟亚利,陈兵林,等. 麦棉套作棉花根际非根际土壤微生物和土壤养分[J]. 生态学报,2006,26(10):3485-3490.

[16]孙 磊,陈兵林,周治国. 麦棉套作 *Bt* 棉花根系分泌物对土壤速效养分及微生物的影响[J]. 棉花学报,2007,19(1):18-22.

[17]刘广才. 不同间套作系统种间营养竞争的差异性及其机理研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2005.

[18]宋亚娜,Marschner P,张福锁,等. 小麦/蚕豆,玉米/蚕豆和小麦/玉米间作对根际细菌群落结构的影响[J]. 生态学报,2006,26(7):2268-2274.

[19]曹 慧,杨 浩,孙 波,等. 太湖流域丘陵地区土壤养分的空间变异[J]. 土壤,2002,34(4):201-205.

[20]张恩和,黄高宝,黄 鹏. 不同供磷水平下粮豆间套种植对根系

分布和根际效应的影响[J]. 草业学报,1999,8(3):35-38,60.

[21]刘均霞,陆引罡,远红伟,等. 玉米、大豆间作对根际土壤微生物数量和酶活性的影响[J]. 贵州农业科学,2007,35(2):60-61,64.

[22]胡举伟,朱文旭,张会慧,等. 桑树/大豆间作对植物生长及根际土壤微生物数量和酶活性的影响[J]. 应用生态学报,2013,24(5):1423-1427.

[23]Anna K B,Richard P D. Field management effects on soil enzyme activities[J]. Soil Biology & Biochemistry,1999,31(11):1471-1479.

[24]方 晰,田大伦,武雨花,等. 植被修复对锰矿渣废弃地土壤微生物数量与酶活性的影响[J]. 水土保持学报,2009,23(4):221-226.