



# 巨菌草种植对土壤微生物数量及酶活性的影响

姚俊新, 林 辉, 林兴生, 罗海凌, 林占熿

(福建农林大学 国家菌草工程技术研究中心, 福建 福州 350002)

**摘要:**为评价种植巨菌草对土壤生态环境影响,通过野外采集土样及盆栽试验,比较分析种植巨菌草对土壤微生物数量及酶活性的影响,以期对种植巨菌草的土壤生态效应评价提供科学依据。试验设种植巨菌草2年不同采样时间的处理组5月(NaT)、10月(NbT)、次年1月(NcT)及其对照组(NaK、NbK、NcK);盆栽试验处理组NpT和对照组NpK,测定并分析采集土样的土壤微生物数量及土壤酶活性。结果表明:种植巨菌草试验区土壤微生物数量及土壤酶活性分析的结果与盆栽试验一致。巨菌草种植各处理组的土壤细菌、真菌、放线菌数量均极显著高于对照组( $P < 0.01$ ),其中盆栽处理组NpT的土壤微生物数量较对照组增幅最大,细菌、真菌及放线菌数量分别是对照组的5.7、9.6和9.1倍;各处理组的土壤过氧化氢酶、蔗糖酶、脲酶及酸性磷酸酶活性均显著高于对照组( $P < 0.05$ ),除NbT的土壤酸性磷酸酶活性外,均达极显著水平( $P < 0.01$ )。巨菌草的种植提高了土壤微生物数量和土壤酶活性,表明巨菌草种植对于改善土壤质量具有积极作用。

**关键词:**巨菌草;土壤微生物;土壤酶

菌草是指经过三级系统筛选法筛选出的,并经过科学实验证明适合用于栽培食药菌的草本植物<sup>[1]</sup>。巨菌草 *Pennisetum* sp., 隶属被子植物门,单子叶植物纲,禾本科,狼尾草属,是典型的碳四植物类型,由福建农林大学林占熿研究员从非洲引进,并经过多年驯化培育出的适合我国气候的优质菌草。巨菌草一般植株高大(株高常规为3~5 m)、丛生直立、地下根系极其发达,具有适应性广、抗逆性强、产量高等优点。由于巨菌草的众多优势,目前可以作为培养基栽培食药菌<sup>[2-5]</sup>、动物饲料<sup>[6-7]</sup>和生物质新能源<sup>[8]</sup>,用于水土保持与荒漠化治理<sup>[9-10]</sup>等,种植面积不断扩大。但有关巨菌草的生物学特性和长期种植对生物多样性的影响研究等方面少有报道,尤其是对土壤微生态环境影响的相关研究。巨菌草种植是否会在一定程度上改变土壤的理化性质,对土壤微生物数量及土壤酶活性等方面产生影响,本研究通过分析种植巨菌草的土壤微生物数量、土壤酶活性的变化,探讨种植巨菌草对土壤质量的影响,旨

在为评价种植巨菌草对土壤微生态环境影响提供一定的科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验区位于福建福州市(N26°5'N, E119°14'), 年平均降水量900~2 100 mm,年平均气温16~20℃,极端最高温42.3℃,极端最低温-1.2℃,巨菌草种植地为荒山地。

### 1.2 材料

试验区种植巨菌草土样和盆栽试验土样。于试验区按“S”形原则进行布点选取5个间距大于10 m的抽样方(3 m×3 m),每个抽样方随机选取3个采样点,清除地面植被和植物凋落物等,铲除1 cm左右表土,等量采集0~20 cm耕作层土壤样品,去除杂物混合后,分别选取重量约1 kg左右的土样。

### 1.3 方法

1.3.1 试验设计 分别于2012年5月、10月及次年1月采集巨菌草种植年限为2年(2010年9月种植)的土样,处理名分别用英文缩写字母NaT、NbT、NcT表示;同时采取植被类型等与处理组一致且未种植巨菌草的对照组土样,分别用NaK、NbK、NcK表示。

选择28 cm×30 cm盆钵,于遮雨棚中进行巨菌草盆栽试验,盆栽土壤来源于荒山地耕作层土壤,有机质含量4.2%,剔除大块土块、石砾和植

收稿日期:2018-09-19

基金项目:科技部国家中心组建项目(2011FU125X11);福建省教育厅省级“2011 菌草生态产业协同创新中心”(K80 ND800220);福建农林大学科技创新专项基金(CXZX 2017567)。

第一作者简介:姚俊新(1988-),男,硕士,助理实验师,从事菌草土壤微生物生态学、菌草技术研究。E-mail: jxyao@fafu.edu.cn。

通讯作者:林占熿(1943-),男,研究员,博导,从事菌草技术研究与与应用及菌草产业发展的科研与教学等工作。E-mail: lzxjuncao@163.com。

物根茎等杂物后,将土样混合均匀,风干处理待用。2012 年 5 月,从福建农林大学菌草研究所菌草圃中选取生长状况与茎秆粗细接近的巨菌草,采用扦插法栽培巨菌草。当年 10 月采集土样,种植巨菌草的处理组土样用 NpT 表示,未种植巨菌草空白对照组土样用 NpK 表示。

将土样的一部分置于 4 ℃ 冰箱中保存,用于土壤微生物数量测定;另一部分于阴凉通风处风干处理,用于土壤酶活性分析。

1.3.2 土壤微生物数量测定 称取 10 g 新鲜土壤样品,采用微生物平板培养法进行计数。根据土样中微生物数量选择适宜浓度的土壤悬液,培养细菌采用土壤悬液浓度  $10^{-6} \sim 10^{-4}$ ,真菌采用浓度  $10^{-3} \sim 10^{-1}$ ,放线菌采用浓度  $10^{-5} \sim 10^{-3}$ 。其中,细菌于 30 ℃ 环境下培养 2~3 d,真菌于 28 ℃ 下培养 3~5 d,放线菌于 28 ℃ 下培养 10~14 d。每个浓度设 5 个重复。微生物数量按公式统计计算:微生物数量=菌落数×稀释倍数×20×鲜土重÷干土重,单位为 CFU·g<sup>-1</sup>。

1.3.3 土壤酶活性测定 土壤过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法测定,酶活性以单位土样消耗 0.1 mol·L<sup>-1</sup> 的 KMnO<sub>4</sub> 体积(mL)表示<sup>[11]</sup>;土

壤蔗糖酶活性采用 3,5—二硝基水杨酸比色法测定,酶活性以 24 h 后单位土壤样品生成葡萄糖量(mg)来表示<sup>[12]</sup>;土壤脲酶活性采用氨释放量比色法测定,酶活性以 24 h 后 100 g 土样中 NH<sub>3</sub>-N 的量(mg)表示<sup>[11,13]</sup>;土壤酸性磷酸酶活性采用磷酸苯二钠比色法测定,酶活性以 12 h 后单位土样酚含量(mg)表示<sup>[12,14]</sup>。

1.3.4 数据分析 采用 Excel 2013 对试验数据进行初步计算处理,然后采用统计分析软件 SPSS 20.0 和 GraphPad Prism 6 对结果进行显著性分析和绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 巨菌草对土壤细菌数量的影响

由表 1 可知,试验区处理组 NaT、NbT、NcT 及盆栽处理组 NpT 的土壤细菌、真菌和放线菌数量均极显著高于对照组( $P<0.01$ );盆栽处理组 NpT 的微生物数量相对于对照组增幅最大,细菌、真菌及放线菌数量分别是对照组的 5.7、9.6 和 9.1 倍。处理组 NaT、NbT、NcT 随着采样时间的推移,土壤细菌、真菌和放线菌数量呈逐渐降低的趋势,对照组 NaK、NbK、NcK 与处理组呈相同变化趋势。

表 1 巨菌草对土壤微生物数量的影响

Table 1 Effect of *Pennisetum* sp. on soil microbial quantity

土样 Soil sample	细菌数量(10 <sup>6</sup> CFU·g <sup>-1</sup> ) Bacterial quantity	真菌数目(10 <sup>4</sup> CFU·g <sup>-1</sup> ) Fungal quantity	放线菌数目(10 <sup>5</sup> CFU·g <sup>-1</sup> ) Actinomycic quantity
NaT	31.74±3.43 aA	5.21±0.27 aA	16.38±1.10 aA
NaK	9.38±0.85 bB	2.26±0.18 bB	9.50±0.09 bB
NbT	15.78±1.14 aA	3.54±0.22 aA	10.93±0.74 aA
NbK	7.15±0.54 bB	1.95±0.24 bB	9.13±0.50 bB
NcT	5.86±0.41 aA	3.00±0.20 aA	6.32±0.34 aA
NcK	3.23±0.24 bB	1.29±0.17 bB	3.83±0.35 bB
NpT	1.19±0.10 aA	7.90±0.28 aA	3.74±0.17 aA
NpK	0.21±0.03 bB	0.82±0.04 bB	0.41±0.02 bB

表中数值为平均数±标准误,同一组(处理组和对照组)中不同大、小写字母表示差异显著( $P<0.01$  和  $P<0.05$ )(Fisher's LSD test)。

The values are Mean±SE in the table. In the same group (treatment group and control group), the values with little letters indicate significant difference( $P<0.01$  and  $P<0.05$ )(Fisher's LSD test).

### 2.2 巨菌草对土壤酶活性的影响

#### 2.2.1 巨菌草对土壤过氧化氢酶活性的影响

由图 1 可知,试验区种植巨菌草处理组 NaT、

NbT、NcT 及盆栽 NpT 的土壤过氧化氢酶活性均极显著高于对照组( $P<0.01$ ),其中 NcT 的过氧化氢酶活性变化较大,是对照组的 1.7 倍。随

着采样时间的推移,NaT、NbT、NcT 的过氧化氢酶活性呈先降低后增加的趋势,而对照组 NaK、NbK、NcK 的酶活性呈逐渐降低的趋势。

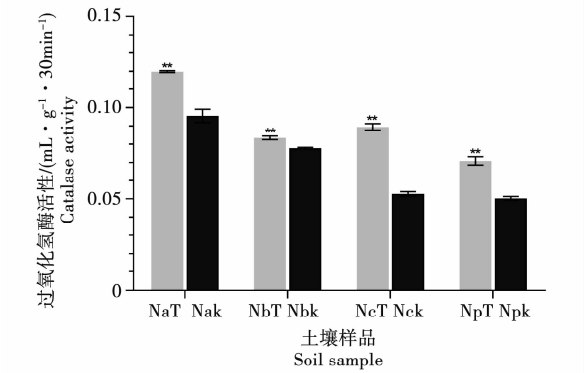


图1 巨菌草对土壤过氧化氢酶活性的影响

Fig.1 Influence of *Pennisetum* sp. on soil catalase activity

The values are Mean±SE in the figure, the \* shows significant difference( $P<0.05$ ),the \*\* shows extremely significant difference( $P<0.01$ )(Fisher's LSD test),the same below.

2.2.2 巨菌草对土壤蔗糖酶活性的影响 由图2可知,种植巨菌草各处理 NaT、NbT、NcT、NpT 的土壤蔗糖酶活性均极显著高于对照组( $P<0.01$ ),试验区处理组 NbT 较对照组 NbK 的蔗糖酶活性增加最大,是对照组 NbK 的 3.2 倍。随着采样时间的推移 NaT、NbT、NcT 蔗糖酶活性呈先降后增趋势,与对照组变化趋势相似。

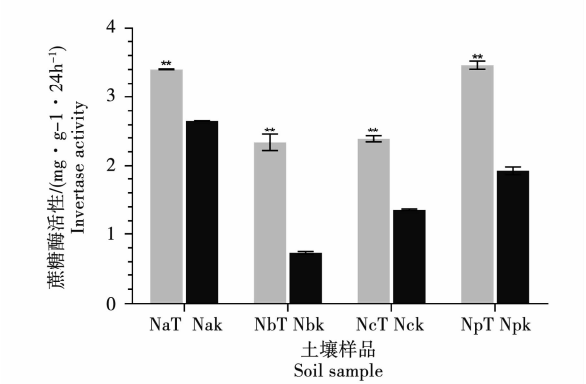


图2 巨菌草对土壤蔗糖酶活性的影响

Fig.2 Influence of *Pennisetum* sp. on soil invertase activity

2.2.3 巨菌草对土壤脲酶活性的影响 由图3可知,试验区种植巨菌草各处理组土样的脲酶活

性均极高于对照组( $P<0.01$ )。土壤脲酶活性 NbT 和 NcT 较对照组增加较大,分别是其对照组的 2.9 倍和 3.0 倍。随着巨菌草种植土样采集时间的推移,处理组 NaT、NbT、NcT 的脲酶活性呈逐渐降低的趋势,与对照组变化趋势相同。

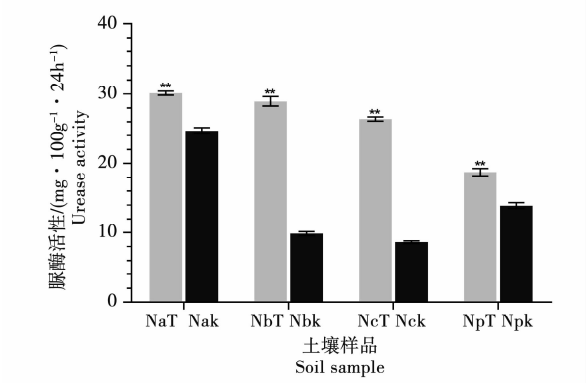


图3 巨菌草对土壤脲酶活性的影响

Fig.3 Influence of *Pennisetum* sp. on soil urease activity

2.2.4 巨菌草对土壤酸性磷酸酶活性的影响 由图4可知,各处理组的土壤酸性磷酸酶活性均显著高于对照组,除 NbT 外,其余各处理组较对照组均差异极显著( $P<0.01$ )。酸性磷酸酶活性 NcT 较对照组 NcK 增幅最大,是对照组的 2.1 倍。随着巨菌草种植土样采集时间的推移,NaT、NbT、NcT 的酸性磷酸酶活性呈先降后增,而对照组 NaK、NbK、NcK 逐渐降低的趋势。

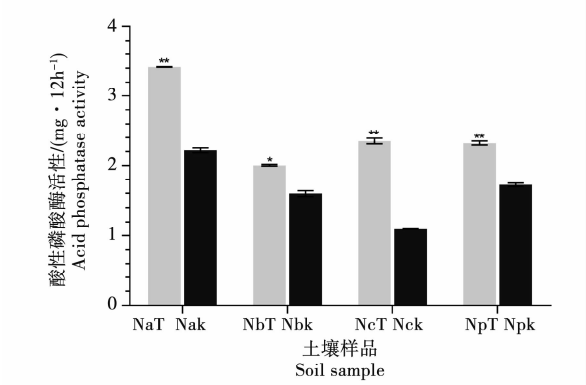


图4 巨菌草对土壤酸性磷酸酶活性的影响

Fig.4 Influence of *Pennisetum* sp. on soil acid phosphatase activity

### 3 结论与讨论

土壤作为微生物的栖息场所,土壤环境的变化,包括 pH、水分、有机质含量等,都直接对土壤

微生物的种类、数量、分布等产生影响,土壤微生物的性质常被用作表征土壤质量的灵敏性指标<sup>[15-16]</sup>。研究发现,在养分充裕的土壤中,土壤微生物数量较多;而在紧实度较差、养分贫瘠、干旱土壤中,土壤微生物数量较少<sup>[17-18]</sup>,在不同土壤类型中土壤微生物特征也存在差异<sup>[19]</sup>。植物获得养分中,土壤微生物起着重要的作用,如土壤氮循环的生物固氮、氮矿化、硝化、反硝化等均与土壤微生物相关<sup>[20]</sup>。本研究表明,种植巨菌草对土壤三大类群的微生物数量产生了影响,各处理组土壤细菌、真菌和放线菌数量均极显著高于对照组( $P<0.01$ );盆栽处理组的微生物数量相对于对照组增幅最大,可能由于盆栽试验与野外环境相比,盆栽土壤经处理后,初始微生物数量水平较低,试验条件控制相对标准,同时巨菌草生长改善了土壤状况,进而表现出较明显的变化。林冬梅等<sup>[21]</sup>研究表明,种植菌草对沙质荒漠化土壤微生物的影响明显,土壤细菌、真菌、放线菌分别较对照显著提高了 2 715.75%、20.66%、94.24%。由于沙质荒漠化土壤中初始微生物数量水平一般很低,因而表现很剧烈的数量变化,与盆栽试验得出结论相似。试验区不同采样时间的处理组土壤细菌、真菌和放线菌数量呈逐渐降低的趋势,5 月 Na 处理的土壤微生物数量最高,对照组微生物数量变化呈现相同趋势,这一变化与土壤微生物的季节性变化较为吻合。杨宁等<sup>[22]</sup>研究表明,夏季土壤微生物总数,细菌数量、真菌数量和放线菌数量最高,与本研究结果相似。

土壤酶是土壤环境中最活跃的有机成分之一,其活性直接反映了土壤微生物群落等对营养和能量代谢需求,可作为评价土壤肥力高低和土壤生态环境质量的一项重要生物指标<sup>[23-27]</sup>。过氧化氢酶是参与土壤中物质和能量转化的一种重要氧化还原酶<sup>[12]</sup>,反映了土壤生物氧化还原过程的强弱,其与土壤中的氧化还原土壤微生物的数量和活性有关,也与土壤有机质含量、植物根系活动等相关,在一定程度上反映了土壤微生物代谢活动的强度,可以表征土壤腐殖化和有机质积累程度<sup>[28-30]</sup>。土壤蔗糖酶的活性与土壤中腐殖质、水溶性有机质含量等呈正相关,蔗糖酶活性随着

土壤熟化程度的提高而增强<sup>[12]</sup>。赵仁竹等<sup>[31]</sup>研究表明,土壤蔗糖酶活性与土壤有机碳间呈显著正相关关系,其中在作物的幼苗期其活性与有机碳含量的相关系数最高,达 0.97。本研究表明,种植巨菌草提高了土壤过氧化氢酶、蔗糖酶活性,由此可推断种植巨菌草在一定程度上有利于提高土壤腐殖化程度和有机质积累,同时有利于提高土壤微生物的数量和活性,这一推断与土壤微生物数量的分析结果相互印证。土壤脲酶能催化尿素水解成氨,其活性与全氮等呈正相关,且全氮对脲酶活性具有强烈的直接和间接效应,可用来表征土壤的氮素水平等<sup>[11,32-33]</sup>。土壤磷酸酶能促进土壤中有机磷化合物的分解转化,其活性在一定程度上取决于土壤中腐殖质和有效磷含量以及分解有机磷化合物的微生物数量等,是评价土壤中磷素状况的重要指标<sup>[34-37]</sup>,除磷素,土壤的氮素也是影响磷酸酶的重要因子之一<sup>[38]</sup>。土壤脲酶、磷酸酶活性的提高,表明种植巨菌草后有利于土壤氮和磷的转化,改善土壤氮素和磷素水平。综上所述,巨菌草种植对于提高土壤微生物数量、提高土壤酶活性具有一定促进作用,表明巨菌草种植对于土壤质量改善具有积极作用;同时,土壤微生物和土壤酶活性较对照组变化的不规则性,表明种植巨菌草可能改变土壤微生物群落结构,有待进一步的研究。

## 参考文献:

- [1] 林占熹. 菌草学[M]. 2 版. 北京:中国农业科学技术出版社, 2003: 1-46.
- [2] 林占熹,林辉,黄国勇,等. 菌草栽培食用菌的方法:中国, CN101121613[P]. 2008-02-13.
- [3] 薛志香,曾峰,曹秀明,等. 鲜菌草与干菌草栽培的香菇品质比较[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2017, 46(6): 697-701.
- [4] 蔡杨星,曹秀明,林冬梅,等. 菌草栽培猴头菌子实体多糖的研究[J]. 北方园艺, 2016(21): 140-145.
- [5] 王锦锋,林占熹. 菌草栽培赤芝培养基配方筛选[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(35): 29-31.
- [6] 张诗,林芝,余豪闯,等. 酶制剂和绿汁发酵液对巨菌草青贮品质的影响[J]. 草业科学, 2017, 34(8): 1755-1761.
- [7] 顾丽红,刘圈炜,邢漫萍,等. 巨菌草饲喂北京鸭的效果分析[J]. 中国家禽, 2017, 39(12): 61-63.
- [8] 林兴生,林占熹,林冬梅,等. 菌草作为生物质燃料的初步研究[J]. 福建林学院学报, 2013, 33(1): 82-86.

- [9] 林占熺,林辉,林春梅,等.一种种植菌草治理崩岗的新方法:中国,CN102835239A[P].2012-12-26.
- [10] 刘凤山,林辉,林兴生,等.巨菌草对生态脆弱区治理与修复的研究进展[J].贵州农业科学,2017,45(7):111-113.
- [11] 林先贵.土壤微生物研究原理与方法[M].北京:高等教育出版社,2010:431.
- [12] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986:274-313.
- [13] 林大仪.土壤学实验指导[M].北京:中国林业出版社,2004:199.
- [14] 赵兰坡,姜岩.土壤磷酸酶活性测定方法的探讨[J].土壤通报,1986(3):138-141.
- [15] 姚槐应.土壤微生物生态学及其实验技术[M].北京:科学出版社,2006:201.
- [16] Bossio D A,Scow K M,Gunapala N,et al. Determinants of soil microbial communities: effects of agricultural management,season,and soil type on phospholipid fatty acid profiles[J]. Microbial Ecology,1998,36(1):1-12.
- [17] 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.
- [18] 林璐,乌云娜,田村宪司,等.呼伦贝尔典型退化草原土壤理化与微生物性状[J].应用生态学报,2013,24(12):3407-3414.
- [19] 肖烨,黄志刚,武海涛,等.三江平原典型湿地类型土壤微生物特征与土壤养分的研究[J].环境科学,2015,36(5):1842-1848.
- [20] 沈仁芳,赵学强.土壤微生物在植物获得养分中的作用[J].生态学报,2015,35(20):6584-6591.
- [21] 林冬梅,林占熺,苏德伟,等.种植菌草对沙质荒漠化土壤养分、酶活性及微生物的影响[J].河南农业科学,2017,46(5):61-65.
- [22] 杨宁,杨满元,雷玉兰,等.紫色土丘陵区坡地土壤微生物群落季节变化[J].生态环境学报,2015(1):34-40.
- [23] Caldwell B A. Enzyme activities as a component of soil biodiversity: A review[J]. Pedobiologia, 2005, 49(6):637-644.
- [24] 刘善江,夏雪,陈桂梅,等.土壤酶的研究进展[J].中国农学通报,2011,27(21):1-7.
- [25] Ladd J N. Soil Enzymes[J]. Developments in Plant and Soil Sciences,1985,16(1):175-221.
- [26] 尹微琴,景浩祺,王亚波,等. O<sub>3</sub> 浓度升高对小麦根际土壤酶活性和有机酸含量的影响[J].应用生态学报,2018,29(2):547-553.
- [27] 邓欧平,李翰,熊雷,等.秸秆、猪粪混施对麦田根际土壤过氧化氢酶与蔗糖酶活性的影响[J].土壤,2018,50(1):86-92.
- [28] 刘建华,刘振花,赵素华,等.红松阔叶混交林不同演替阶段土壤过氧化氢酶活性的研究[J].防护林科技,2010(4):48-50.
- [29] 戴伟,白红英.土壤过氧化氢酶活性及其动力学特征与土壤性质的关系[J].北京林业大学学报,1995,17(1):37-41.
- [30] 石立媛,张永亮,高凯,等.科尔沁沙地苜蓿草地土壤酶活性的时空变化特征[J].草地学报,2017,25(2):310-314.
- [31] 赵仁竹,汤洁,梁爽,等.吉林西部盐碱田土壤蔗糖酶活性和有机碳分布特征及其相关关系[J].生态环境学报,2015,24(2):244-249.
- [32] 薛立,邝立刚,陈红跃,等.不同林分土壤养分、微生物与酶活性的研究[J].土壤学报,2003,40(2):280-285.
- [33] 莫晶,闫文德,刘曙光,等.油茶-花生间作土壤酶活性与养分的关系[J].中南林业科技大学学报,2017,37(6):89-95.
- [34] 王月容,周金星,周志翔,等.洞庭湖退田还湖区不同土地利用方式下土壤微生物数量与酶活性特征[J].生态学杂志,2010(5):910-916.
- [35] 沈菊培,陈利军.土壤磷酸酶活性对施肥-种植-耕作制度的响应[J].土壤通报,2005,36(4):622-627.
- [36] 安韶山,黄懿梅,郑粉莉.黄土丘陵区草地土壤脲酶活性特征及其与土壤性质的关系[J].草地学报,2005,13(3):233-237.
- [37] 张天瑞,皇甫超河,白小明,等.黄顶菊入侵对土壤养分和酶活性的影响[J].生态学杂志,2010(7):1353-1358.
- [38] 郑棉海,黄娟,陈浩,等.氮、磷添加对不同林型土壤磷酸酶活性的影响[J].生态学报,2015,35(20):6703-6710.

## Effect of *Pennisetum* sp. on Soil Microbial Quantity and Enzyme Activity

YAO Jun-xin, LIN Hui, LIN Xing-sheng, LUO Hai-ling, LIN Zhan-xi

(China National Engineering Research Center of JUNCAO Technology, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

**Abstract:** In order to evaluate the effect of planting *Pennisetum* sp. on soil ecological environment, comparing and analyzing the influence of planting *Pennisetum* sp. on soil microbial quantity and soil enzyme activity

through field and pot experiment, to provide scientific basis for its soil ecological effect. In this experiment, there were the treatment groups NaT, NbT, and NcT of different sampling times (in May, October and January of the following year) by planting *Pennisetum* sp. for 2 years, with the control groups NaK, NbK and NcK; and pot experiment with the treatment group NpT and the control group NpK, the quantity of soil microorganisms and the activity of soil enzymes were measured and analyzed. The results of soil microbial quantity and soil enzyme activity analysis in the experimental area of planting *Pennisetum* sp. were consistent with those of pot experiment. The results indicated that the quantity of soil bacteria, fungi, and actinomycetes of the treatment groups by planting *Pennisetum* sp. were extremely higher than the control groups ( $P<0.01$ ). The quantity of soil microorganisms in the treatment group of pot experiment increased the most than that in the control group, the quantity of bacteria, fungi and actinomycetes in the treatment group was 5.7, 9.6 and 9.1 times as much as that in the control group, respectively. The soil catalase, sucrase, urease, and acid phosphatase activity of the treatment groups were significantly higher than the control groups ( $P<0.05$ ), in addition to soil acid phosphatase activity of the group Nb, reached extremely significant level ( $P<0.01$ ). The quantity of soil microorganisms and soil activity were increased by planting *Pennisetum* sp., which indicated that the planting of *Pennisetum* sp. played a positive role in improving soil quality.

**Keywords:** *Pennisetum* sp.; soil microorganism; soil enzyme activity

(上接第 39 页)

[12] 李旺霞,陈彦云. 土壤水分及其测量方法的研究进展[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(10): 335-339.

[13] 裴浪,毕银丽,江彬,等. 覆膜与接种 AM 真菌对半干旱区玉米根际土壤理化性质的影响[J]. 菌物学报, 2017, 36(7): 904-913.

[14] 王晓波,车威,纪荣婷. 秸秆还田和保护性耕作对砂姜黑土有机质和氮素养分的影响[J]. 土壤, 2015, 47(3): 483-489.

[15] 夏强. 秸秆还田对土壤养分及其生物学特性影响的研

[16] 朱敏,石云翔,孙志友,等. 秸秆还田与旋耕对川中土壤物理性状及玉米机播质量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(7): 1025-1033.

[17] 战秀梅,彭靖,李秀龙,等. 耕作及秸秆还田方式对春玉米产量及土壤理化性状的影响[J]. 华北农学报, 2014, 29(3): 204-209.

[18] 王晓英,王冬. 丛枝菌根真菌与土壤养分交互作用的生态效应研究[J]. 北方园艺, 2009(6): 111-115.

[19] 安. 安徽:安徽农业大学, 2013.

## Effects of Straw Return Method on AM Fungi Infection and Glomalin Content in Maize Field

XU Ying-ying, WANG Jun-he, LIU Yu-tao, WANG Yu-xian, GAO Pan, YANG Hui-ying, FAN Jing-sheng, QU Zhong-cheng

(Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Qiqihar Comprehensive Test Station of National Maize Industry System, Qiqihar 161006, China)

**Abstract:** In order to improve soil structure, enhance soil fertility and improve soil biological activity, a locatable experiment was carried out to determine the effects of different methods on organic matter, nutrient content, AM fungi infection and glomalin content in maize field. Taking without maize straw return to field as control(CK), three straw return methods were set up, including straw mulching, spinning straw into the soil and plowing straw deeply into the soil. The results showed that compared with CK, straw return for two consecutive years could increase soil organic matter and nutrient content, which was beneficial to the growth and metabolism of AM fungi and the effect on root infection. Among the three methods of straw return, the effect of plowing straw deeply into the soil was the most significant. The frequency, intensity and spore number of AM fungi under that method increased by 88.67%, 300.66% and 106.67%, respectively.

**Keywords:** maize; straw return; organic matter; AM fungi; infection; glomalin