

杨树苗根系特性及根际土壤微生物多样性对施用味精废浆的响应

陈苗苗¹, 井大炜¹, 付修勇¹, 刘富刚¹, 袁晓兰¹, 咎林生², 贾海慧²

(1. 德州学院 资源环境与规划学院, 山东 德州 253023; 2. 德州学院 生态与园林建筑学院, 山东 德州 253023)

摘要: [目的] 探讨味精废浆有机肥对杨树根系特性及根际土壤微生物多样性的作用效果, 为杨树苗的培育和造林以及味精废浆有机肥的推广应用提供理论依据和技术指导。[方法] 以一年生欧美 I-107 杨树苗为试材, 通过盆栽模拟方式, 研究 CK(不施肥)、CF(单施化肥)、CM(味精废浆)和 CM+CF(味精废浆和化肥各提供 50% 的氮)等处理对杨树苗根系构建水平、根系吸收面积、根际土壤微生物多样性指数及地径、苗高生长的影响。[结果] 施用味精废浆显著促进了杨树苗根系的生长, 尤其增加了毛细根的数量及在根体系中的比例。同 CF 相比, CM+CF 处理显著增加了根系的总吸收面积和活跃吸收面积, 增幅分别为 76.39% 和 121.48%; 同时, CM+CF 处理的微生物多样性指数达最高值, 并显著高于其它处理。此外, 该处理还明显促进了杨树苗地径、苗高的生长, 其中地径分别较 CK, CF 和 CM 处理显著提高 45.30%, 22.62% 和 10.78%, 苗高分别显著提高 42.21%, 20.65% 和 11.46%。[结论] 味精废浆有机肥与化肥配施有助于改善杨树苗根系特性, 并提高根际土壤微生物多样性指数, 进而促进杨树苗生长。

关键词: 欧美 I-107 杨; 味精废浆; 根系构建; 根系吸收面积; 微生物多样性

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)04-0074-05

中图分类号: S157.3

文献参数: 陈苗苗, 井大炜, 付修勇, 等. 杨树苗根系特性及根际土壤微生物多样性对施用味精废浆的响应[J]. 水土保持通报, 2017, 37(4): 74-78. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.04.013; Chen Miaomiao, Jing Dawei, Fu Xiuyong, et al. Responses of root characteristics and microbial diversity to application of monosodium glutamate wastewater in rhizosphere soil of poplar seedlings[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(4): 74-78. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.04.013

Responses of Root Characteristics and Microbial Diversity to Application of Monosodium Glutamate Wastewater in Rhizosphere Soil of Poplar Seedlings

CHEN Miaomiao¹, JING Dawei¹, FU Xiuyong¹,

LIU Fugang¹, YUAN Xiaolan¹, ZAN Linsheng², JIA Haihui²

(1. College of Resources Environment and Planning, Dezhou University, Dezhou, Shandong 253023, China;

2. College of Ecology and Garden Architecture, Dezhou University, Dezhou, Shandong 253023, China)

Abstract: [Objective] Exploring the effects of monosodium glutamate wastewater on root characteristics and microbial diversity in rhizosphere soil of poplar, to provide theoretical basis and technical guidance for the breeding and forestation of poplar seedlings, and the popularization and application of monosodium glutamate wastewater as well. [Methods] A pot experiment including four treatments, i. e., CK (neither urea nor monosodium glutamate wastewater was applied), CF (100% of nitrogen was provided by urea), CM (100% of nitrogen was provided by monosodium glutamate wastewater) and CM+CF (50% and 50% of nitrogen were provided by monosodium glutamate wastewater and urea, respectively), was performed. The present study was conducted to determine the effects of different treatments on root construction level, root absorption area, microbial diversity index in rhizosphere soil, and the growths of ground diameter and height of poplar

收稿日期: 2017-03-14

修回日期: 2017-03-29

资助项目: 国家自然科学基金项目“断根对杨树切口处不同根序细根的形态特征、解剖结构及生理代谢的调控机理研究”(31500513); 德州学院科技人才引进项目(311890)

第一作者: 陈苗苗(1998—), 女(汉族), 山东省聊城市人, 本科生, 研究方向为自然地理与资源环境。E-mail: dlxchenmm@163.com。

通讯作者: 井大炜(1982—), 男(汉族), 陕西省绥德县人, 博士, 讲师, 主要从事植物营养机理与调控研究。E-mail: jingdawei009@163.com。

seedlings. [Results] The application of monosodium glutamate wastewater significantly promoted the root growth and construction of poplar seedlings, especially the promotions of the fine root weight and the ratio of fine root were obvious. In contrast to CF treatment, the CM+CF treatment significantly increased the total absorption area and active absorption area of roots, and the increments were 76.39% and 121.48%, respectively. At the same time, the maximum value of microbial diversity index was observed by the use of CM+CF, which had significant differences with other treatments. Additionally, this treatment also obviously improved the growths of ground diameter and height of poplar seedlings, indicative of 45.30%, 22.62% and 10.78% increases in ground diameter and 42.21%, 20.65% and 11.46% increases in height over the treatments of CK, CF and CM, respectively. [Conclusion] As a result, monosodium glutamate wastewater combined with inorganic fertilizer was beneficial to improve root characteristics and microbial diversity index in rhizosphere soil, and to promote growth of poplar seedlings.

Keywords: *populus × euramericana*; monosodium glutamate wastewater; root construction; root absorption area; microbial diversity

根系特性对植株的获取养分、水分能力具有决定性作用,所以根系与产量形成之间的关系一直是众多学者研究的焦点,作物生产中采取的诸多栽培措施实际上都是通过控制根系来影响个体与群体的发育,从而达到增产的目的^[1]。根系构建水平、根系吸收面积与活跃吸收面积等指标反映了作物的根系特性,而这些特征与作物的产量紧密相关^[2]。根际是植物与微生物交流很活跃的土壤微域,植物根系可以分泌多种对微生物有益的酶、维生素、氨基酸与植物生长调节剂等物质,促进其正常的生长与发育,进而对根际微生物的数量、种类及分布产生一定影响,植物—土壤—微生物之间的内部关联维持着土壤生态系统的正常功能^[3-4]。大量研究表明^[5-7],有机肥与化肥配施能增加土壤微生物多样性,有利于土壤肥力的提高和农业的可持续发展。中国是味精生产大国,每年大约产生 1.00×10^8 t的味精废浆,直接排放会严重污染环境^[8]。目前常用的处理方法由于操作繁琐且成本较高,很难实现循环再利用。而味精废浆的浓度大,全氮、有机物含量高,并富含游离氨基酸、蛋白质与一定量的中微量元素^[9]。有研究发现^[10],味精废浆有机肥可以明显提高西瓜的产量、品质。还有研究认为^[7],味精废浆与化肥配施可显著提高土壤的活性有机碳含量,并明显增强土壤微生物活性。由此可以推测,若将味精废浆进行高效利用作为农业生产的肥源,则可以变废为宝,既可大幅度减轻环境的压力,还能为农业生产提供新肥源,这不仅能提高农作物的种植效益,同时亦能有力地推动味精的生产企业以及农业的可持续发展,可谓一举两得^[9]。可以预见,味精废浆有机肥在林业上亦会有广阔的应用市场。但目前关于味精废浆在林业上的研究报道还较少,尤其针对林木根系特性与土壤微生物多样性的研究更是鲜见报道。为此,本研究通过盆栽模拟的方法,探讨施

用味精废浆有机肥对杨树苗根系构建水平、根系吸收面积、根际土壤微生物多样性及杨树苗生长的影响,旨在为杨树苗的培育和造林以及味精废浆有机肥的推广应用提供理论依据和技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验地点与供试材料

试验地选择在山东省林业科学研究所的试验大棚,供试土壤为潮土,土壤碱解氮 26.98 mg/kg,速效磷 23.87 mg/kg,速效钾 86.20 mg/kg,有机碳含量 13.79 g/kg。有机肥是利用味精行业所产生的废浆制成颗粒肥料(有机质含量 229.63 g/kg,全氮 75.11 g/kg,全磷 10.82 g/kg,全钾 1.03 g/kg,pH 值 6.59);化肥为尿素、过磷酸钙与硫酸钾。杨树扦插苗品种为欧美 I-107 杨(*Populus euramericana*),挑选出均匀一致的扦插苗,接穗长 15~16 cm,茎粗 2 cm,重量 26~28 g。

1.2 试验设计

采用盆栽试验,随机区组设计,包括 4 个处理:(1) 不施肥(CK);(2) 单施化肥(CF),N, P₂O₅ 和 K₂O 的施用量分别为 3.60, 1.82, 2.68 g;(3) 味精废浆有机肥(CM);(4) 味精废浆有机肥提供 50% 的氮,化肥提供 50% 的氮(CM+CF),其中化肥中 N, P₂O₅ 和 K₂O 的施用量分别为 1.80, 0.91, 1.34 g。每个处理 8 盆(重复 8 次),共计 32 盆。除 CK 外,各处理均为等养分量,N, P₂O₅ 和 K₂O 含量分别为 3.60, 1.82 和 2.68 g,各处理 P 和 K 不足部分分别用过磷酸钙、硫酸钾补足。试验用盆为购自市场的塑料盆,盆规格为高 20 cm、直径 30 cm。于 2016 年 4 月 8 日盆栽试验时,将肥料与土壤充分混匀后装盆,每盆装土 10.8 kg。

1.3 测定项目与方法

2016年10月16日(一年生杨树苗落叶前)首先分别用游标卡尺、卷尺测定杨树苗的地径、苗高,然后采集土壤和根系样品。在土壤水分含量适中时利用剥落分离法^[3]采集根际土,并将所取根际土壤样品充分混匀后放于一80℃的冰箱中保存用于测定土壤微生物多样性指数。同时,用水冲洗挑选出的根系并分为两份,一份用游标卡尺将根径按照<2 mm, 2~5 mm, >5 mm的粗度进行分级,然后放入75℃的烘箱中烘干至恒重并分别称其质量;另一份采用甲烯蓝吸附法^[2]测定根系吸收面积和活跃吸收面积,并结合根系生物量进一步计算出比吸收面积和比活跃吸收面积。土壤微生物群落功能多样性采用 Biolog GN 平板分析法测定^[11];称取过2 mm筛的10 g新鲜土壤置于灭菌的250 ml三角瓶(内装100 ml 0.5 mol/L磷酸缓冲液)中,振荡20 min。25℃恒温培养,在24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108, 120, 132, 144, 156, 168 h后测定各孔在590 nm波长下的光吸收值。然后采用培养48 h的数据计算土壤微生物群落多样性指数^[12]:

香农指数计算公式: $H = -\sum P_i \ln P_i$

式中: P_i ——第*i*孔相对吸光值与整个平板相对吸光值总和的比率。

1.4 统计方法

采用 SAS 软件对数据进行基本处理,采用单因素方差分析不同处理间的差异,并用多重比较(LSD法, $p < 0.05$)分析不同施肥处理对根系特性(根系构建水平、根系吸收面积)、微生物多样性指数及地径与苗高的影响。

2 结果与分析

2.1 根系构建水平

由图1可见,从根系分级的生物量来看,各施肥处理<2 mm, 2~5 mm与>5 mm的根系相比对照均明显提高,表明施肥对杨树苗根系的生长具有显著的促进效应。在3个施肥处理中,施用味精废浆有机肥的两个处理对杨树苗的根系生物量与建造水平产生了明显的影响。CM+CF处理中<2 mm的根系干重最大,并与CM, CF处理达差异显著水平,其次是CM处理,也显著大于CF处理。而2~5 mm和>5 mm的根系,各个施肥处理之间均无显著性差异。同时,CF, CM与CM+CF处理中<2 mm根系所占比例分别为36.05%, 43.54%与50.10%,这说明施加味精废浆有机肥处理相比单施化肥可更显著地提高杨树苗细根的比例,其中CM+CF处理中细

根的所占比值最大。从根系总生物量来看,味精废浆的加入对根系同样能产生显著影响。与CF处理相比,CM与CM+CF处理的根系总干重分别显著增加16.82%与30.44%。由此可见,味精废浆有机肥的施入有助于杨树苗根系的生长,特别能促进毛细根数量的增加,这对于增强杨树苗的供肥性具有重要实际意义。

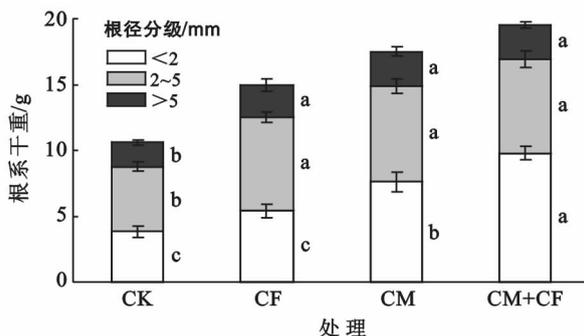


图1 味精废浆有机肥对杨树苗根系构建水平的影响

注:不同小写字母表示处理间差异显著($p < 0.05$)。下同。

2.2 根系吸收面积

从表1可以看出,不同施肥措施使杨树苗根系的总吸收面积与活跃吸收面积呈现出一致的变化规律,其大小次序为:CM+CF>CM>CF>CK,且各处理之间均达差异显著水平,这说明施用味精废浆有机肥的两个处理对杨树苗根系吸收面积的增加幅度明显大于单施化肥处理,其中CM+CF处理更显著,其总吸收面积与活跃吸收面积分别相比CF处理显著增加76.39%与121.48%,分别较CM处理显著增加29.23%与38.53%。活跃吸收面积/总吸收面积的百分比、比活跃吸收面积表现出类似的变化趋势:CM+CF处理最高,并明显高于其它处理;其次是CM处理,显著高于CK,CF处理,而CK与CF处理差异不显著。此外,各处理的比吸收面积变化规律为:CM+CF>CM>CF>CK,并且各处理间均达差异显著水平。以上分析认为,味精废浆有机肥与化肥配施可以显著地扩大杨树苗的总吸收面积与活跃吸收面积,从而有利于促进根系对养分与水分的吸收。

2.3 微生物多样性指数

采用 Biolog 技术研究了杨树苗根际土壤的微生物多样性指数(图2)。由图2可见,不同处理对杨树苗根际土壤微生物多样性指数的影响存在显著的差异,这说明各处理的杨树苗根际土壤微生物群落的丰富度不同。CM+CF处理的微生物多样性指数最高,并显著高于其它处理;依次是CM处理,其微生物多样性指数也显著高于CK与CF处理;而CF处理的微生物多样性指数明显低于CK,可能是由于单

施化肥使杨树苗根际的微域生态环境会适合于某一类或几类微生物的生长,而对其它类群微生物的生存不一定产生影响,即对各类微生物的作用有一定差

异。由此可知,施用味精废浆有机肥较单施化肥能显著提高杨树苗根际土壤的微生物多样性指数,其中味精废浆与化肥配施的作用效果最显著。

表1 味精废浆有机肥对杨树苗根系吸收面积的影响

处理	总吸收面积/m ²	活跃吸收面积/m ²	活跃吸收面积/总吸收面积(%)	比吸收面积/(m ² ·g ⁻¹)	比活跃吸收面积/(m ² ·g ⁻¹)
CK	6.55±0.37 ^d	2.80±0.25 ^d	42.75±0.86 ^c	0.62±0.02 ^d	0.26±0.03 ^c
CF	11.18±0.29 ^c	4.61±0.30 ^c	41.23±0.71 ^c	0.75±0.03 ^c	0.31±0.05 ^c
CM	15.26±0.61 ^b	7.37±0.52 ^b	48.30±0.35 ^b	0.87±0.05 ^b	0.42±0.02 ^b
CM+CF	19.72±0.45 ^a	10.21±0.33 ^a	51.77±0.59 ^a	1.01±0.03 ^a	0.52±0.02 ^a

注:数据为平均值±标准差,同列不同小写字母表示处理间差异显著($p < 0.05$)。下同。

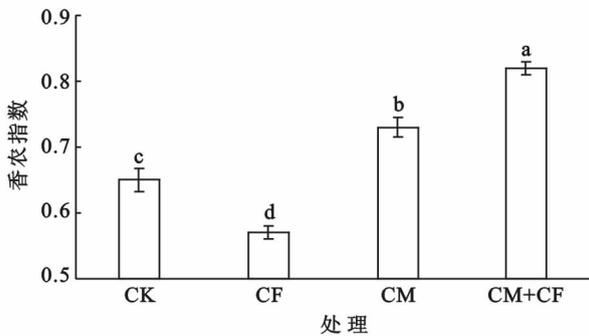


图2 味精废浆有机肥对杨树苗根际土壤微生物多样性指数的影响

2.4 地径、苗高生长

不同施肥处理对杨树苗地径与苗高生长的影响差异显著(图3)。由图3可以看出,地径、苗高呈现出基本一致的变化规律。与对照相比,各施肥处理均显著提高了杨树苗的地径与苗高。CM+CF处理的地径与苗高均达最高值,其中地径分别较CK,CF和CM处理显著提高45.30%,22.62%和10.78%,苗高分别显著提高42.21%,20.65%和11.46%;其次是CM处理,其地径与苗高亦显著高于CF处理。可见,施用味精废浆有机肥较单施化肥能显著促进杨树苗地径与苗高的生长,其中味精废浆配施化肥的影响效果最佳。

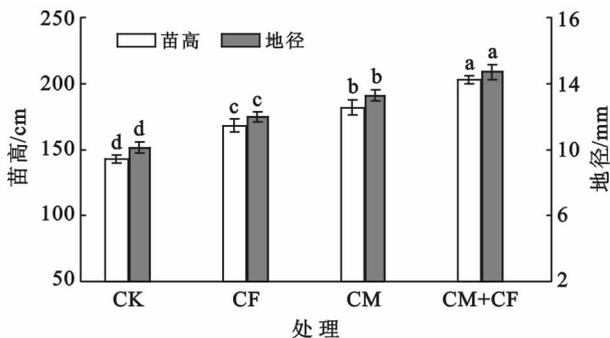


图3 味精废浆有机肥对杨树苗地径与苗高生长的影响

3 讨论

3.1 根系特性

林木细根(直径 < 2 mm)的生理活性强,且具有巨大的吸收面积,是林木吸收养分与水分的重要渠道,同时对森林生态系统的养分循环起着至关重要的作用^[13]。本试验研究结果表明,施用味精废浆有机肥对杨树苗根系的生长与构建产生了很大的影响,其中味精废浆与化肥配施较单施化肥能显著提高杨树苗细根的生物量及所占比例,表明味精废浆配施化肥有诱导毛细根生长的作用,这与刘方春等^[14]对甜樱桃的研究结果相似。相关研究认为^[1-2],植物根系生理特性和形态特征的协同作用能决定植物对养分的吸收能力与产量的形成。本研究得出,同单施化肥相比,味精废浆有机肥与化肥配施可明显增加杨树苗根系的总吸收面积、活跃吸收面积、比吸收面积与比活跃吸收面积,这表明味精废浆配施化肥能显著改善杨树苗的根系形态,扩大根系的吸收范围,具有以肥促根的效果。这与孙浩燕等^[15]对水稻苗期和井大炜等^[6]对西瓜的研究结果基本一致。可能是由于味精废浆有机肥提供了充足的有机碳源,同时化肥的施入又可以调节土壤中营养元素的比例,从而有助于改善土壤有机无机复合状况与腐殖质结合形态,增加了土壤团聚体的数量,为杨树苗的根系生长创造了优越的生态环境。

3.2 根际土壤微生物多样性

根际是植物—土壤—微生物相互作用的特殊微环境,植物根系以多种方式向周围的土壤释放有机物质,并以其自身活动影响着这部分土壤的生物学与物理化学性状,特别是影响微生物区系的生长发育^[5,14,16]。微生物多样性指数是衡量生物类型数与均匀度的一个重要指标。通常,一个群落中物种类型数越多,且各类型间分布比例越均匀,则该群落的生物多样性指数就越高^[6,17]。因此,很有必要对土壤微生物

物多样性指数开展研究。目前, Biolog 技术在土壤微生物方面的研究报道呈不断增长的趋势^[1]。本研究表明, 施用味精废浆有机肥处理的微生物多样性指数显著高于对照与单施化肥处理, 这与丁伟等^[18]关于定位施肥对植烟土壤的研究结果相一致。分析其原因在于: ① 味精废浆本身带入了大量活的微生物, 在某种程度上起到了“接种”的作用^[9]; ② 施用味精废浆使杨树苗根际微域环境对不同类微生物的作用效果存在差异, 可能仅适宜某一类或几类微生物的生长, 而对其它类微生物并无明显作用。本研究还得出, 单施化肥处理的微生物多样性指数明显低于对照, 雷先德等^[19]也得出了基本一致的结论。这可能是因为在各施肥处理中, 虽然单施化肥与味精废浆配施化肥处理的养分总用量相等, 但前者在土壤中会快速释放, 高浓度的氮、磷与钾可能对固氮菌、磷细菌与钾细菌的生长繁殖具有抑制作用, 从而导致微生物群落的丰富度下降^[19-20]。这进一步验证了味精废浆与化肥配施的措施在提高土壤微生物多样性方面的作用效果显著优于单施化肥。

杨树苗的生长发育受到诸多因素的综合影响。本研究中, 味精废浆与化肥配施使杨树苗的地径、苗高显著高于其他处理, 这可能与味精废浆有机肥能改善杨树苗的根系特性, 提高根际土壤微生物多样性指数, 进而改善根际微域生态环境条件有紧密关联。

4 结论

施用味精废浆有机肥显著促进了杨树苗根系的生长, 尤其增加了毛细根的数量及在根体系中的比例。与单施化肥相比, 味精废浆与化肥配施处理显著增加了根系的总吸收面积和活跃吸收面积, 增幅分别为 76.39% 和 121.48%; 同时, 味精废浆配施化肥处理的微生物多样性指数达最高值, 并显著高于其他处理。此外, 该处理还明显促进了杨树苗地径、苗高的生长, 其中地径分别较对照、单施化肥和单施味精废浆处理显著提高 45.30%, 22.62% 和 10.78%, 苗高分别显著提高 42.21%, 20.65% 和 11.46%。综合分析认为, 味精废浆有机肥与化肥配施有助于改善杨树苗根系特性, 并提高根际土壤微生物多样性指数, 进而促进杨树苗生长。

[参 考 文 献]

- [1] 刘晓. 配施鸡粪对杨树苗根系形态和根际土壤微环境特征的影响[J]. 水土保持通报, 2014, 34(5): 80-84.
- [2] 肖勇强, 井大伟, 邢尚军, 等. 蚯蚓粪对杨树幼苗根系特性及氮素利用率的影响[J]. 水土保持通报, 2014, 34(3): 262-266.
- [3] 井大伟, 王明友, 张红, 等. 蚯蚓粪配施尿素对豇豆根系特征与根际土壤腐殖质的影响[J]. 农业机械学报, 2017, 48(1): 212-219.
- [4] 张学林, 徐钧, 安婷婷, 等. 不同氮肥水平下玉米根际土壤特性与产量的关系[J]. 中国农业科学, 2016, 49(14): 2687-2699.
- [5] 陈磊, 云鹏, 高翔, 等. 磷肥减施对玉米根系生长及根际土壤磷组分的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(6): 1548-1557.
- [6] 井大伟, 张红, 王明友. 牛粪对西瓜根际土壤微生物多样性及氮素利用率的影响[J]. 核农学报, 2014, 28(11): 2102-2107.
- [7] 叶桂梅, 井大伟, 邢尚军, 等. 味精废浆与化肥配施对杨树幼苗土壤活性有机碳与微生物活性的影响[J]. 水土保持学报, 2016, 30(5): 291-296.
- [8] 林云琴, 王德汉, 王钊汀, 等. 造纸污泥与味精废液联合厌氧消化产甲烷性能研究[J]. 环境科学学报, 2010, 30(8): 1627-1633.
- [9] 井大伟, 邢尚军, 刘方春, 等. 配施味精废浆促进杨树生长提高土壤活性有机碳及碳库管理指数[J]. 农业工程学报, 2016, 32(S1): 124-131.
- [10] 王明友, 张红, 李士平. 味精废浆有机肥对西瓜根系特性与根际土壤腐殖质组成的影响[J]. 水土保持通报, 2015, 35(5): 205-210.
- [11] 席劲瑛, 胡洪营, 钱易. Biolog 方法在环境微生物群落研究中的应用[J]. 微生物学报, 2003, 43(1): 138-141.
- [12] 严君, 韩晓增, 王树起, 等. 不同形态氮素对种植大豆土壤中微生物数量及酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(2): 341-347.
- [13] 井大伟, 邢尚军, 刘方春, 等. 保水剂—尿素凝胶对侧柏裸根苗细根生长和氮素利用率的影响[J]. 应用生态学报, 2016, 27(4): 1046-1052.
- [14] 刘方春, 邢尚军, 马海林, 等. PGPR 生物肥对甜樱桃 (*Cerasus pseudocerasus*) 根际土壤生物学特征的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2012, 18(5): 722-727.
- [15] 孙浩燕, 李小坤, 任涛, 等. 浅层施肥对水稻苗期根系生长及分布的影响[J]. 中国农业科学, 2014, 47(12): 2476-2484.
- [16] 井大伟, 邢尚军, 刘方春, 等. 保水剂施用方式对侧柏根际微生态环境的影响[J]. 农业机械学报, 2016, 47(5): 146-154.
- [17] 陈汝, 王海宁, 姜远茂, 等. 不同苹果砧木的根际土壤微生物数量及酶活性[J]. 中国农业科学, 2012, 45(10): 2099-2106.
- [18] 丁伟, 叶江平, 蒋卫, 等. 长期施肥对植烟土壤微生物的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(5): 1168-1176.
- [19] 雷先德, 李金文, 徐秀玲, 等. 微生物菌剂对菠菜生长特性及土壤微生物多样性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(4): 488-494.
- [20] 聂文翰, 戚志萍, 冯海玮, 等. 复合菌剂秸秆堆肥对土壤碳氮含量和酶活性的影响[J]. 环境科学, 2017, 38(2): 783-791.