

黄金凤. 生物有机肥对金叶女贞根际微环境和枯萎病的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(10): 126–130.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.10.033

生物有机肥对金叶女贞根际微环境和枯萎病的影响

黄金凤

(江苏建筑职业技术学院建筑设计与装饰学院, 江苏徐州 221116)

摘要:以金叶女贞为材料, 研究生物有机肥对根际微环境和枯萎病的影响, 共设置 4 个处理, 即 CK(不施肥)、A1(史丹利无机复合肥)、A2(传统有机肥)和 A3(生物有机肥)。结果表明, 与对照相比, 施用生物有机肥可极显著降低土壤 pH 值; 土壤细菌、放线菌数量分别提升 382.35%、97.74%, 真菌和尖孢镰刀菌数量分别降低 48.79%、51.33%, 土壤微生物生物量碳、氮含量分别提升 323.11%、755.67%; 土壤磷酸酶、蛋白酶、脱氢酶、蔗糖酶活性分别提升 21.53%、53.76%、46.15%、19.02%; 土壤有机质、速效氮、速效磷、速效钾含量分别提升 62.31%、80.02%、43.15%、59.39%; 金叶女贞株高、地径、总干质量分别提升 19.87%、36.19%、30.09%; 将对照枯萎病防效指定为 0, 施用生物有机肥防效可达到 72.03%, 较无机肥和传统有机肥分别提升 28.77 百分点、17.71 百分点。表明施用生物有机肥可明显改善金叶女贞根际微环境和提升枯萎病防效, 且效果显著优于史丹利无机复合肥和传统有机肥。

关键词:生物有机肥; 金叶女贞; 根际微环境; 枯萎病

中图分类号: S158.3; S687.206

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2018)10-0126-04

金叶女贞属木犀科女贞属, 是我国最常见的城市绿化植物^[1]。枯萎病是一种较为常见的真菌性病害, 对金叶女贞植株危害严重^[2]。近年来, 金叶女贞施肥主要以无机肥料为主, 长期使用不仅会造成土壤微生态环境的恶化, 而且还会导致枯萎病病害的日益严重, 因此寻找无机肥的替代品已成为亟须解决的关键问题^[3]。生物有机肥是将腐熟有机肥和具有特定功能的微生物复合从而形成的一种新型肥料, 兼具微生物菌肥和有机肥的优点^[4]。栗方亮等研究认为, 无机肥过量施用可导致土壤微生物区系变化和生态功能的衰减^[5]; 袁英英等研究表明, 施用生物有机肥可对土壤的微生物群落结构进行调控, 增强微生态系统的稳定性和抑病性, 减少番茄青枯病的发生^[6]; 张丽荣等研究表明, 施用生物有机肥可提高土壤肥力, 改善土壤微生态环境, 提高马铃薯产量, 减轻黑痣病的发生^[7]; 孙家骏等研究表明, 施用生物有机肥可刺激土壤中微生物的活动, 显著提高土壤酶活性, 有效改善土壤微生物的群落功能^[8]; 荆瑞勇等研究认为, 施用生物有机肥可显著提高盆栽小白菜的土壤酶活性, 有效改善土壤的微生物群落结构^[9]; 赵兰凤等研究表明, 施用生物有机肥可提高香蕉根际微生物的活性, 枯萎病发病时间推迟、防病效果提升^[10]; 曹群等研究表明, 施用生物有机肥可显著增加土壤细菌及放线菌数量, 显著降低真菌及尖孢镰刀菌数量, 土壤酶活性及肥力显著提升, 冬瓜枯萎病病害显著降低^[11]。目前, 关于生物有机肥的研究大多集中在大田作物上, 而施用生物有机肥对绿化植物尤其是对金叶女贞根际微环境及枯萎病防治的影响尚未见相关报道。因此, 本研究以金叶女贞为试材, 通过盆栽的方式研究施用生物有机肥对金叶女贞根际微环境和枯萎病

防治效果的影响, 以期改善金叶女贞的土壤生态环境和科学防治枯萎病提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试枯萎病病原菌、解淀粉芽孢杆菌和枯草芽孢杆菌均购自中国科学院微生物研究所; 供试无机肥为史丹利无机复合肥; 传统有机肥为当地常用的腐熟鸡粪堆肥; 生物有机肥由本试验自主研发, 在传统有机肥的基础上添加具有抗病功能的解淀粉芽孢杆菌和枯草芽孢杆菌, 功能菌总含量为 5.5×10^7 CFU/g; 供试土壤为城市绿化带土壤, pH 值为 8.5, 有机质含量为 12.58 g/kg, 速效氮、速效磷、速效钾含量分别为 36.82、17.82、196.37 mg/kg; 供试植物为金叶女贞。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验于 2016 年 10 月 20 日开始实施, 采用盆栽试验方法, 共设置 4 个处理: CK 为对照, 不施肥; A1 施用史丹利无机复合肥; A2 施用传统有机肥; A3 施用生物有机肥。施肥量按 0.20 g/kg 土施入, 除 CK 外, 各处理的施肥量应使氮、磷、钾施入量保持一致, 肥料均作为基肥与土壤一次性混匀施入。选取长势一致的金叶女贞, 每盆种植 1 株, 每个处理 30 盆, 设 3 个重复, 随机区组, 其他管理措施保持一致。移栽 10 d 后接种枯萎病病原菌, 随水浇于根围, 接种量为 2.0×10^6 CFU/g 土。移栽 80 d 后, 进行各指标测定。

1.2.2 测定指标及方法 病情指数调查方法: 自发病起, 各处理每隔 10 d 调查 1 次。按发病严重程度分为 5 级: 0 级植株健壮, 无明显症状; 1 级病株叶片发病率在 25.0% 及以下; 2 级病株 25.1% ~ 50.0% 叶片表现症状; 3 级病株叶片发病率达到 50.1% ~ 90.0%; 4 级病株 90.1% 及以上叶片表现症状或植株枯死死亡。病情指数 = $[\sum(\text{病级株数} \times \text{代表数值}) / (\text{株数总和} \times \text{发病最重级的代表数值})] \times 100$; 防病效果 = $[(\text{对照病情指数} - \text{处理病情指数}) / \text{对照病情指数}] \times 100\%$ 。

收稿日期: 2017-08-24

基金项目: 江苏省徐州市科技局基金(编号: KC16SQ187)。

作者简介: 黄金凤(1978—), 女, 安徽宿州人, 硕士, 副教授, 主要从事园林绿化工程技术研究。E-mail: hjf-78@163.com。

根际土壤取样方法:将花盆内的金叶女贞植株连根拔出,根系表面的土壤轻轻抖落,然后用试管刷将紧密黏附在根系周围的土壤轻轻刷下并收集;土壤采集样品一部分用于测定土壤酶活性及微生物量,放入 4℃ 冰箱冷藏;另一部分样品风干过筛后用于测定土壤 pH 值、有机质含量、速效氮含量、速效磷含量、速效钾含量等。各指标测定方法:土壤 pH 值采用去离子水浸提法;土壤有机质含量采用外加热重铬酸钾容量法;土壤速效氮含量采用碱解扩散法;土壤速效磷含量测定采用碳酸氢钠提取-钼锑抗比色法;土壤速效钾含量采用乙酸铵提取-火焰光度法;土壤细菌、真菌、放线菌及尖孢镰刀菌数量测定采用稀释平板法,培养基分别为牛肉膏蛋白胨培养基、孟加拉红培养基、改良高氏 1 号培养基和尖孢镰刀菌选择性培养基;土壤微生物生物量碳、氮含量测定采用三氯甲烷熏蒸直接浸提法;绿化植物生物量测定主要包括株高、地径及总生物量干质量。

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2007 进行数据整理及作图,用 SPSS 18.0 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 生物有机肥对金叶女贞根际土壤 pH 值的影响

绿化植物适宜生长的最佳土壤 pH 值一般为 6.5~7.5,土壤过酸或过碱不仅影响植物元素的存在形式及对植物的有效性,而且还会影响土壤的微生态环境。城市绿地土壤 pH 值偏高一直是影响绿化植物生长发育的主要障碍因子。施用生物有机肥对金叶女贞根际土壤 pH 值的影响如图 1 所示,施用史丹利无机复合肥 (A1)、传统有机肥 (A2) 和生物有机肥 (A3) 处理的金叶女贞根际土壤 pH 值分别较对照降低 8.11%、13.63%、18.21%,其中 A2 处理与对照相比达到显著差异水平,A3 处理达到极显著差异水平。上述结果表明,施用生物有机肥可极显著降低金叶女贞根际土壤的 pH 值,且降低效果极显著优于施用无机肥,显著优于传统有机肥,可能是由于生物有机肥中含有大量的微生物有益菌,可以加速有机质分解形成多种腐解酸,进而中和部分土壤中的碱性物质,降低土壤 pH 值。

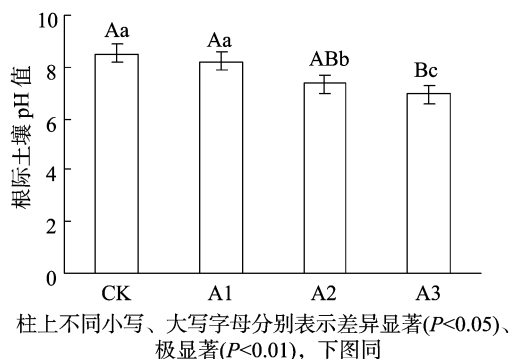


图1 生物有机肥对金叶女贞根际土壤 pH 值的影响

2.2 生物有机肥对金叶女贞根际土壤微生物的影响

土壤微生物主要包括在土壤中生存的细菌、真菌及放线菌等,参与土壤有机质的分解,是土壤养分转化和循环的重要动力。尖孢镰刀菌是在土壤中生存的土传性病原真菌,是金叶女贞枯萎病的致病菌。由表 1 可知,施用无机肥

(A1)、传统有机肥 (A2) 和生物有机肥 (A3) 处理的金叶女贞根际土壤中尖孢镰刀菌数量较对照分别低 13.33%、36.67%、51.33%,其中 A2 处理尖孢镰刀菌数量与对照达到显著差异水平,A3 处理与对照达到极显著差异水平。这说明施用生物有机肥可极显著降低金叶女贞根际土壤的尖孢镰刀菌数量,且降低效果极显著优于无机肥,显著优于传统有机肥,可能是生物有机肥中含有大量的微生物益生菌,可以有效抑制土壤中尖孢镰刀菌的增长。施用无机肥 (A1)、传统有机肥 (A2) 和生物有机肥 (A3) 处理的金叶女贞根际土壤中细菌数量较对照分别提高 70.59%、238.24%、382.35%;放线菌数量分别较对照提高 14.29%、71.43%、97.74%;真菌数量分别较对照降低 11.07%、39.45%、48.79%,其中,A2 处理细菌、放线菌及真菌数量与对照均达到显著差异水平,A3 处理与对照均达到极显著差异水平。这说明施用生物有机肥可极显著提升金叶女贞根际土壤的细菌、放线菌数量,极显著降低真菌数量。可能一方面是由于生物有机肥本身含有大量的微生物益生菌,可以在一定程度上活化土壤土著微生物;另一方面,生物有机肥基料多为有机物,很大程度上丰富了微生物可利用的营养,进而促进微生物增殖。土壤微生物生物量碳、氮含量是衡量土壤肥力的重要活指标。施用无机肥 (A1)、传统有机肥 (A2) 和生物有机肥 (A3) 处理的金叶女贞根际土壤中微生物生物量碳含量分别较对照提高 59.24%、196.04%、323.11%,微生物生物量氮含量分别较对照提高 80.37%、433.47%、755.67%。A2 处理微生物生物量碳含量、生物量氮含量与对照均达到显著差异水平,A3 处理较对照均达到极显著差异水平。上述结果表明,施用生物有机肥可极显著提高金叶女贞根际土壤微生物生物量碳、氮含量,且提升效果极显著优于无机肥,显著优于传统有机肥。综上所述,施用生物有机肥可极显著降低金叶女贞根际土壤的尖孢镰刀菌和真菌数量、极显著提高根际土壤的细菌、放线菌数量及活性,其主要原因可能是生物有机肥中含有大量的微生物有益菌。

2.3 生物有机肥对金叶女贞根际土壤酶活性的影响

磷酸酶、蛋白酶、脱氢酶和蔗糖酶是土壤中非常重要的酶类,分别与植物磷营养吸收、氮素吸收和利用、土壤有机质降解和蔗糖水解密切相关,对植物生长发育具有非常重要的影响。生物有机肥对金叶女贞根际土壤酶活性的影响如图 2 所示,施用无机肥 (A1)、传统有机肥 (A2)、生物有机肥 (A3) 处理的金叶女贞根际土壤磷酸酶活性分别较对照提升 4.83%、14.08%、21.53%,其中 A2 处理磷酸酶活性较对照达到显著差异水平,A3 处理较对照达到极显著差异水平;金叶女贞根际土壤蛋白酶活性分别较对照提升 19.77%、36.82%、57.36%,其中 A1 处理蛋白酶活性较对照达到显著差异水平,A2、A3 处理较对照达到极显著差异水平;A1、A2、A3 金叶女贞根际土壤脱氢酶活性分别较对照提升 8.97%、29.49%、46.15%;金叶女贞根际土壤蔗糖酶活性分别较对照提升 2.45%、10.63%、19.02%,其中,A2 处理脱氢酶活性、蔗糖酶活性较对照均达到显著差异水平,A3 处理较对照均达到极显著差异水平。上述结果表明,施用生物有机肥可以极显著增强金叶女贞根际土壤酶活性,其原因可能是生物有机肥中含有大量的微生物有益菌,施用后可极显著增强根际土壤的微生物数量和活性,进而促进土壤酶活性的提升。

表 1 园林植物废弃物堆肥对徐州市绿地土壤微生物的影响

处理	尖孢镰刀菌 ($\times 10^4$ CFU/g)	细菌 ($\times 10^7$ CFU/g)	放线菌 ($\times 10^4$ CFU/g)	真菌 ($\times 10^6$ CFU/g)	微生物生物量碳含量 (mg/kg)	微生物生物量氮含量 (mg/kg)
CK	0.150Aa	0.34Aa	1.33Aa	2.89Aa	49.21Aa	12.43Aa
A1	0.130Aa	0.58Aa	1.52Aa	2.57Aa	78.36Aa	22.42Aa
A2	0.095ABb	1.15ABb	2.28Bb	1.75ABb	145.68ABb	66.31ABb
A3	0.073Bc	1.64Bc	2.63Bb	1.48Bc	208.21Bc	106.36Bc

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),表 2 同。

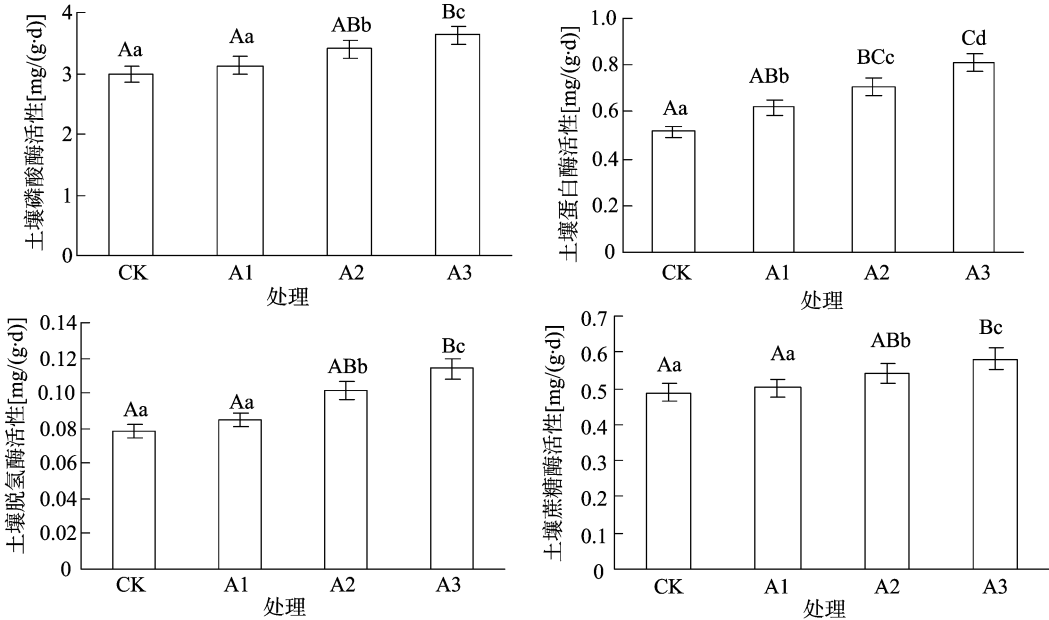


图2 生物有机肥对金叶女贞根际土壤酶活性的影响

2.4 生物有机肥对金叶女贞根际土壤养分含量的影响

有机质、速效氮、速效磷、速效钾是反映土壤养分质量的重要指标,其含量高低与植物根际微生物数量及土壤酶活性息息相关。生物有机肥对金叶女贞根际土壤养分含量的影响如图 3 所示,施用无机肥(A1)、传统有机肥(A2)、生物有机肥(A3)处理的金叶女贞根际土壤有机质含量分别较对照提升 1.75%、53.16%、62.31%,其中 A2、A3 处理较对照达到显著差异水平;金叶女贞根际土壤速效氮含量分别较对照提升 41.35%、59.83%、80.02%,其中 A1、A2 处理与对照达到显著差异水平,A3 处理与对照达到极显著差异水平;金叶女贞根际土壤速效磷含量分别较对照提升 14.25%、36.24%、43.15%,其中 A2、A3 处理较对照均达到差异显著水平;金叶女贞根际土壤速效钾含量分别较对照提升 25.62%、38.62%、59.39%,其中 A2 处理与对照差异显著,A3 处理与对照达到极显著差异水平。上述结果表明,施用生物有机肥可显著提高金叶女贞根际土壤的养分含量,且提升效果优于无机肥和传统有机肥,其原因可能是生物有机肥中含有大量的微生物有益菌,施用后可提高土壤微生物数量和土壤酶活性,进而促进土壤养分含量的提升。

2.5 生物有机肥对金叶女贞生物量的影响

各处理植株经正常管理 80 d 后,测定其株高、地径及总干质量。生物有机肥对金叶女贞根际土壤养分含量的影响如表 2 所示,施用无机肥(A1)、传统有机肥(A2)、生物有机肥(A3)处理的金叶女贞的株高分别较对照提升 5.24%、

13.24%、19.87%;地径分别较对照提升 16.04%、26.49%、36.19%;总干质量较对照分别提升 13.81%、21.48%、30.09%,其中 A1 处理株高、地径、总干质量与对照均达到显著差异水平,A2、A3 处理与对照均达到极显著差异水平,且 A3 处理显著优于 A2 处理。上述结果表明,施用生物有机肥可极显著提升金叶女贞的生物量,且提升效果极显著优于无机肥,显著优于传统有机肥,其原因可能是生物有机肥中含有大量的微生物有益菌,可增加土壤微生物数量及土壤酶活性,提升根际土壤养分含量,进而促进金叶女贞的生长发育。

2.6 生物有机肥对金叶女贞枯萎病的防治效果

生物有机肥对金叶女贞枯萎病的防治效果如图 4 所示,在金叶女贞移栽后 20 d(接种 15 d),对照(CK)、施用无机肥(A1)和传统有机肥(A2)处理的植株均开始发病,且病情指数为 CK 最高,其次为 A1、A2,而施用生物有机肥(A3)的处理在金叶女贞移栽 30 d(接种 25 d)才开始发病,比对照推迟 10 d 发病。在整个试验期间,各处理的病情指数随着金叶女贞的生长均在上升,但是 CK 处理的病情指数始终保持同期最高,之后依次为 A1、A2 处理,A3 处理的病情指数始终保持同期最低,这说明施肥对金叶女贞枯萎病的防治具有一定的效果,且施用生物有机肥效果最优;80 d 时,CK、A1、A2、A3 处理的病情指数分别达到 69.15、38.49、24.16、17.73,将 CK 的防病效果制定为 0,则 A1、A2、A3 处理的防效分别为 43.26%、54.32%、72.03%。上述结果表明,施用生物有机肥可极显著提升金叶女贞枯萎病的防效,且效果极显著优于施

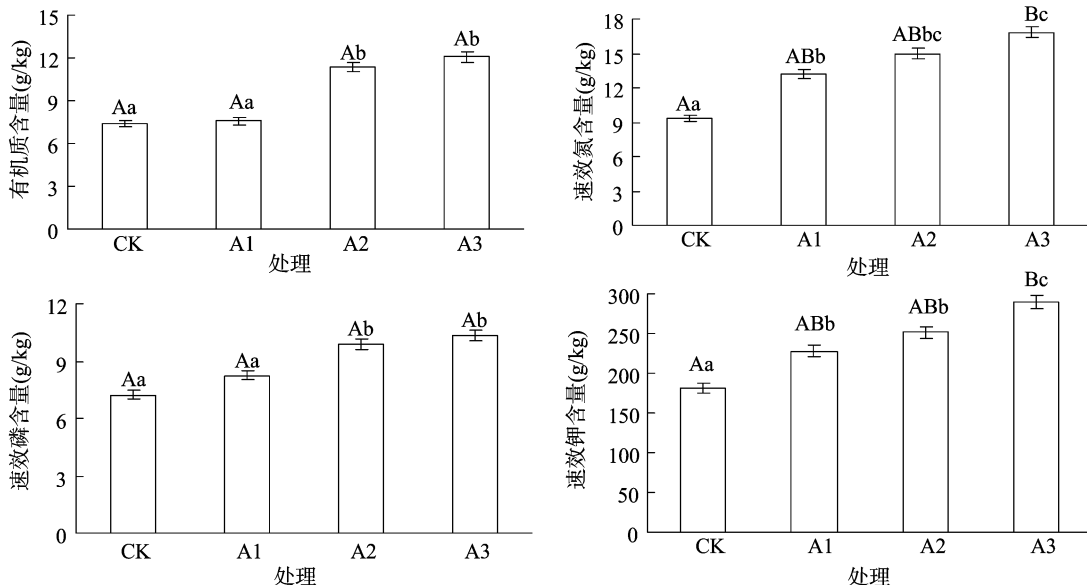


图3 生物有机肥对金叶女贞根际土壤养分含量的影响

表2 园林植物废弃物堆肥对金叶女贞生物量的影响

处理	株高 (cm)	地径 (cm)	总干质量 (g)
CK	47.35Aa	2.68Aa	13.69Aa
A1	49.83ABb	3.11ABb	15.58ABb
A2	53.62BCc	3.39BCc	16.63BCc
A3	56.76Cd	3.65Cd	17.81Cd

用无机肥,显著优于传统有机肥,其原因可能是施用无机肥和传统有机肥可促进金叶女贞植株的健壮生长,进而提升植株对枯萎病的防效,而生物有机肥中又含有大量的微生物有益菌,可以有效抑制枯萎病致病菌尖孢镰刀菌的生长,因此防效最佳。

3 结论与讨论

生物有机肥是将有机肥和功能微生物复合形成的一种新

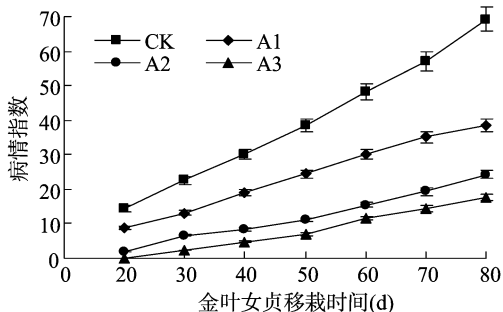
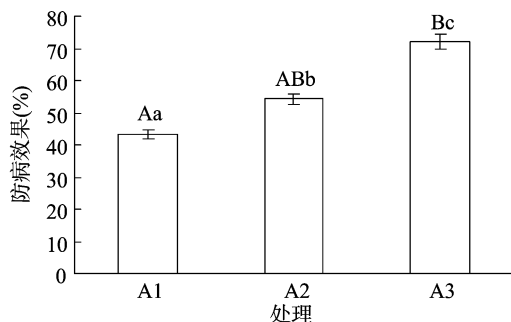


图4 生物有机肥对金叶女贞枯萎病防治效果的影响



型肥料。大量研究表明,施用生物有机肥不仅可以增加农作物产量、改善品质,而且可以调整土壤微生物群落结构、提高土壤酶活性及土壤肥力,从而达到改善作物根际土壤环境、提高抗病性的目的^[12-13]。如高雪莲等研究表明,施用生物有机肥可显著提升甜瓜根际土壤的细菌和放线菌数量、显著降低病原菌和真菌数量,甜瓜生物量和防病率显著增加^[14];张树生等研究表明,施用生物有机肥对黄瓜枯萎病的防治率达到92.6%,产量较对照提高198.6%^[15]。本研究以金叶女贞为试材,首次就生物有机肥对金叶女贞根际微环境和枯萎病防效的影响进行了研究。结果表明,与对照相比,施用生物有机肥可极显著降低根际土壤的pH值,根际土壤的尖孢镰刀菌和真菌数量极显著降低、细菌和放线菌数量及微生物生物量碳、氮含量极显著增加,根际土壤有机质和速效磷含量显著增加、速效氮及速效钾含量极显著增加,金叶女贞根际土壤酶活性、生物量和枯萎病防病效果均极显著提升。这说明,施用生

物有机肥可明显改善金叶女贞根际土壤微环境,提升植株的生物量和枯萎病防治效果,且效果显著优于施用无机肥和传统有机肥,这与前人对生物有机肥的研究结果较为一致。其机制可能是施用生物有机肥后,土壤根际酶活性和微生物数量极显著提升,进而促使根际土壤养分含量显著高于对照及无机肥、有机肥,土壤肥力得到明显改善,金叶女贞生物量极显著增加;同时,生物有机肥中含有大量的微生物有益菌,可明显抑制枯萎病病原菌尖孢镰刀菌的增长,防病效果显著优于无机肥和传统有机肥。综上所述,施用生物有机肥可明显改善金叶女贞根际土壤微环境,提升植株的生物量和枯萎病防治效果,可以为金叶女贞土壤环境改善和枯萎病的生物防治提供一定的参考和借鉴。

参考文献:

[1] 孙晓萍. 金叶女贞的引种栽培和园林价值[J]. 浙江林学院学

王秀梅,张云,秦景逸,等. 植物生长调节剂对甜樱桃移栽苗生长发育的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(10):130-133.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.10.034

植物生长调节剂对甜樱桃移栽苗生长发育的影响

王秀梅¹,张云¹,秦景逸¹,朱甜甜¹,张军²

(1. 新疆农业大学林学与园艺学院,新疆乌鲁木齐 830052; 2. 特克斯砺剑锋农林科技有限公司,新疆伊犁 835500)

摘要:以二年生甜樱桃裸根苗为试材,使用不同浓度的 FA、ABT1、NAA、GGR 溶液进行栽前 30 s 浸根处理,60 d 后测定其成活率、生长量、叶绿素含量和叶片含水量等指标。结果显示,ABT1、NAA、GGR 浓度 300 mg/L 以及 FA600 倍液,均能有效地提高甜樱桃幼苗移栽成活率并促进后期生长发育状况,其中 ABT1 对提高甜樱桃幼苗成活率、新生枝条叶片数、新生枝条长度、新生枝条粗度最为突出,而 NAA 在增加叶片叶绿素含量方面效果突出,FA 能有效提高叶片含水量。

关键词:植物生长调节剂;甜樱桃;浸根;生长发育;成活率;生长量;叶绿素;含水量

中图分类号:S662.504 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)10-0130-04

甜樱桃(*Prunus avium* L.)属于蔷薇科樱桃属樱桃亚属,是原产亚洲西南部和欧洲南部的古老落叶果树种,引入我国已有 100 余年^[1]。甜樱桃产业曾被誉为“黄金种植业”^[2],在我国发展迅速,从过去的环渤海湾的几个省已扩展到北京、陕西、河南、江苏、甘肃、湖北、山西、河北、四川等省(市)的部分地区^[3],目前在新疆伊犁、喀什等地开始大量引种种植。樱桃好吃,但树难栽,随着引种栽培面积逐年增加,移植成活率低、缓苗期长等问题日显突出,因此,提高移栽苗木的成活率成为甜樱桃产业发展的首要问题。有研究表明,植物生长调节剂因其显著、高效的调节效应已被广泛地应用于大田作物

与经济作物(如果树、林木、蔬菜及花卉等)各个方面^[4],且在樱桃的插条生根、催熟、矮化、提高果实品质等方面颇有成效^[5],但在移栽中能否提高甜樱桃成活率及后期增强幼树的生长发育能力却未见报道。本研究从陕西、山东等地引进 2 年甜樱桃苗木,取 4 种植物生长调节剂进行不同浓度栽前浸根比较试验,以探讨不同植物生长调节剂对甜樱桃移栽成活率及苗木生长发育的影响,以期对甜樱桃产业的发展提供技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于新疆伊犁特克斯县呼吉尔图蒙古乡呼吉尔特村千亩樱桃示范园内进行,该园地处 43°13'0" N、81°49'59" E。特克斯县位于逆温带控制区,属温带大陆性气候,年均气温 5.3℃,无霜期 118 d,年降水量 375 mm,日照 2 791 h,冬暖夏凉,气候适中。土壤类型为沙壤土。

收稿日期:2016-12-22

基金项目:国家林业公益性行业科研专项(编号:201304714)。

作者简介:王秀梅(1993—),女,河南商丘人,硕士研究生,主要从事植物抗寒方面的研究。E-mail:329368653@qq.com。

通信作者:张云,硕士生导师,副教授,主要从事植物繁殖生物学及种质资源应用研究。E-mail:1033284941@qq.com。

报,1995,12(2):156-160。

[2] 靳艳苏,李小燕,李淑阁. 金叶女贞常见病虫害及其防治[J]. 河北林业科技,2009,10(5):127。

[3] 王畅昌,李肖霞. 城市土壤对园林绿化的影响及应对措施[J]. 建材与装饰,2017,8(5):57-58。

[4] Larkin R, Griffin T. Control of soil borne potato diseases using *Brassica* green manures [J]. Crop Protection, 2007, 26(7): 1067-1077。

[5] 栗方亮,李忠佩,刘明,等. 氮素浓度和水分对水稻土硝化作用和微生物特性的影响[J]. 中国生态农业学报,2012,20(8): 1113-1118。

[6] 袁英英,李敏清,胡伟,等. 生物有机肥对番茄青枯病的防效及对土壤微生物的影响[J]. 农业环境科学学报,2011,30(7): 1344-1350。

[7] 张丽荣,郭成瑾,沈瑞清,等. 不同生物有机肥对马铃薯生长和产量的影响以及防治黑痣病的效果[J]. 江苏农业科学,2017,45(14):66-68。

[8] 孙家骏,付青霞,谷洁,等. 生物有机肥对猕猴桃土壤酶活性和

微生物群落的影响[J]. 应用生态学报,2016,27(3):829-837。

[9] 荆瑞勇,王丽艳,郭永霞. 生物有机肥对盆栽小白菜土壤酶活性和微生物数量的影响[J]. 水土保持研究,2015,22(2):79-82。

[10] 赵兰凤,胡伟,刘小锋,等. 生物有机肥对香蕉枯萎病及根系分泌物的影响[J]. 生态环境学报,2013,22(3):423-427。

[11] 曹群,丁文娟,赵兰凤,等. 生物有机肥对冬瓜枯萎病及土壤微生物和酶活性的影响[J]. 华南农业大学学报,2015,36(2): 36-42。

[12] 李姣,刘国顺,高琴,等. 不同生物有机肥与烟草专用复合肥配施对烤烟根际土壤微生物及土壤酶活性的影响[J]. 河南农业大学学报,2013,47(2):132-137。

[13] 刘国顺,彭华伟. 生物有机肥对植烟土壤肥力及烤烟干物质积累的影响[J]. 河南农业科学,2005,34(1):46-49。

[14] 高雪莲,邓开英,张鹏,等. 不同生物有机肥对甜瓜土传枯萎病防治效果及对根际土壤微生物区系的影响[J]. 南京农业大学学报,2012,35(6):55-60。

[15] 张树生,梅淑芳,赵华. 生物有机肥缓解黄瓜枯萎病的生物效应[J]. 浙江农业科学,2011(5):1110-1112。