

生态有机肥对土壤特性和大果榉生长的影响^{*}

陈 博 夏振平

(北京农业职业学院 园艺系, 北京 102442)

摘要 通过田间试验, 研究了不施肥处理 (CK)、风干鸡粪 (CM)、有机无机复合肥 (OIC) 和生态有机肥 (BIO) 处理对定植大果榉 (*Zelkova sinica*) 土壤碱解氮和有机质含量, 土壤微生物量碳氮含量以及大果榉地上部生长指标 (株高、胸径和叶面积) 增长率的影响。结果表明: 与 CK 相比 CM、OIC 和 BIO 处理均增加了土壤碱解氮和有机质含量, 显著提高土壤微生物量碳、氮的含量, 其中 BIO 处理的土壤微生物量碳氮含量最高; 与 CM 和 OIC 处理相比, BIO 处理初期土壤碱解氮含量相对较低, 而有机质含量在整个观测期均表现出较高水平; 各施肥处理均显著提高了大果榉株高、胸径和叶面积增长率, 其中 BIO 和 OIC 处理效果较好。

关键词 生态有机肥; 大果榉; 土壤碱解氮; 土壤有机质; 土壤微生物量碳氮

中图分类号: S154 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-2053(2018)05-0007-06

Effects of the Ecological Organic Fertilizer on Soil Characteristics and *Zelkova sinica* Growth

CHEN Bo XIA Zhenping

(Department of Horticulture, Beijing Vocational College of Agriculture, Beijing 102442, China)

Abstract Field trials of organic farming were conducted to examine the effects of different fertilizer treatments on the soil available nitrogen, organic matter, soil microbial biomass carbon and nitrogen contents, and the growth of *Zelkova sinica*. No fertilization treatment(CK), chicken manure treatment(CM), organic-inorganic compound fertilizer treatment(OIC) and ecological organic fertilizer treatment(BIO) were included. The Results indicated that the contents of soil available nitrogen and soil organic matter (treatments of CM, OIC and BIO) were all increased compared with the treatment of CK, both of soil microbial biomass carbon and nitrogen contents were significantly improved, especially in the treatment of BIO. In this BIO treatment, the content of soil available nitrogen was lower than others in the early period, but the soil organic matter was the highest in the whole duration, when compared with treatments of CM and OIC. Additionally, the growth rate of plant height, diameter of breast height and leaf growth of *Zelkova sinica* were improved under these three treatments (CM, OIC and BIO), and the growth of *Zelkova sinica* performed better under treatments of BIO and OIC, especially.

Key words ecological organic fertilizer; *Zelkova sinica*; soil available nitrogen; soil organic matter; soil microbial biomass carbon and nitrogen

^{*} 基金项目: 院级博士基金项目 (XY-YF-17-05)。

第一作者: 陈博 (1983—), 女, 讲师, 主要从事森林生态研究, E-mail: 335859230@qq.com。

“自然、绿色和环境友好”代表了工业社会人们的意愿,揭示了城市环境建设应遵循的基本原则。因而,良好的生态环境的实现需要园林绿化规模和建设质量的协调发展。2012年起北京开始实施百万亩平原造林项目,随着绿化面积的不断增长,养护过程中产生的园林绿化废弃物的数量也急剧增加。为了推进园林绿化废弃物资源化利用,促进绿色产业和循环经济发展,2016年北京市园林绿化局印发了《北京市园林绿化局关于杜绝焚烧园林绿化废弃物积极推进资源化利用的意见》,确保“零焚烧”,鼓励“变废为宝”。以园林绿化废弃物为主要原料发酵而成的生态有机肥逐渐应用到园林花卉和树木的栽培养护中,但是生态有机肥的研究和利用与美国、加拿大、日本等发达国家相比起步较晚^[1],且在国内应用于农业的报道较多^[2-4],应用于园林植物的方法和效果鲜有报道。本文以我国特有树种大果榉(*Zelkova sinica*)为试验材料,研究了生态有机肥^[4](即加菌种发酵的有机肥)、风干鸡粪和有机无机复混肥3种肥料对大果榉的株高、胸径、叶面积增长率、土壤碱解氮和有机质含量及土壤微生物量碳、氮的影响,以探讨生态有机肥对改善土壤生物性状和促进大果榉生长的效果,为大果榉等园林树木科学施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验区位于北京市房山区青龙湖镇平原造林地块,地处华北平原与太行山交界带,属暖温带

半湿润季风大陆性气候,年均气温11.6℃,平均年降水量602.5 mm,集6-9月份是雨季。试验树种为4月份从山西引种到北京的大果榉,树龄6 a,株行距为3 m×4 m。供试土壤为砂质潮土,0~20 cm土层含碱解氮58.4 mg·kg⁻¹,有机质11.82 g·kg⁻¹,pH值为7.2。

1.2 试验设计

试验于2017年4月至9月进行,共设4个施肥处理:不施肥对照(CK)、风干鸡粪(CM)、有机无机复合肥(OIC)及生态有机肥(BIO)。各处理肥料作为基底肥于4月20日苗木定植时施用,每行栽植大果榉8株,株行距2 m×3 m,每个处理5行,将各处理肥料开沟撒施,翻土覆匀,其他管理措施均一致。3种肥料的主要养分含量及施用量见表1,根据快根宝生物活性肥生产单位提供的木本植物肥料用量0.2 kg/m²以及腐熟鸡粪和复合肥在木本植物上的常规用量^[4-5]确定本试验供试肥料的施用量。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤样品制备与测定 在施肥沟上选择土壤取样点,采用蛇形布局五点取样,每点取0~20 cm土层样品,将土壤样品混匀,设置3个重复。每个处理样品分成两份,一份直接测量,另一份风干后测量。本实验从氮素丰缺和土壤肥力两个方面比较不同类型肥料的作用效果,故选取土壤碱解氮和有机质含量为土壤测定指标。新鲜的土样直接用于土壤微生物量碳、氮测定,风干后的土样用于测定土壤碱解氮和有机质含量。土壤样品均于2017年4月20日大果榉定植施基肥后20

表1 供试肥料主要养分含量
Tab.1 Contents of the main nutrients in the test fertilizers

肥料名称 Fertilizer name	代号 Code	营养成分 Nutrients	施用量 Dosage/ (kg·ha ⁻¹)
风干鸡粪 Chicken manure compost	CM	N : P ₂ O ₅ : K ₂ O (质量比) 约为 1.60 % : 2.53 % : 1.25 %	4 000
丹王复合肥 King Compound fertilizer	OIC	N : P ₂ O ₅ : K ₂ O (质量比) 约为 14% : 4% : 28%	570
快根宝生物活性肥 Biological activity called fast root treasure	BIO	N + P ₂ O ₅ + K ₂ O ≥ 6%、有机质 ≥ 50%、腐殖酸 ≥ 8%	2 000

注:快根宝生物活性肥是由北京奥北美林生物菌肥研究中心、中国林业科学研究院和北京林业大学自主研发的高效复合型绿色生物肥料。Note: Quick root bio-active fertilizer is a kind of high-effective composite bio-fertilizer, which was researched independently by Beijing Oriental Miracle Research Center for Biological Fertilizer, Chinese Academy of Forestry and Beijing Forestry University

d 取样, 之后每 30 d 取样 1 次, 共取 5 次。

土壤碱解氮含量用碱解扩散法测定, 有机质用重铬酸钾容量法—外加热法测定^[6], 微生物量碳、氮应用氯仿熏蒸— K_2SO_4 提取方法, 浸提液用 Liqui—TOC II 测定^[7]。

1.3.2 植株生长量测定 每个处理选取树势均一的 5 株树, 用哈光树木测高器测量株高, 胸径尺测量胸径, YMJ—B 叶面积测量仪测定叶面积, 植株生长指标的测定时间与土壤取样时间同步, 共测量 5 次。

1.4 数据分析

所有数据应用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 21.0 进行数据处理和差异显著性检验 (LSD 法), 应用 SigmaPlot 10.0 制图。

$$\text{增长率} (I) = (L_2 - L_1) / L_1 \times 100\%$$

式中, L_2 为当次观测的植株的高度、胸径或叶面积; L_1 为前一次观测的植株的高度、胸径或叶面积。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对定植大果桉土壤碱解氮含量的影响

与 CK 相比, CM、OIC 和 BIO 处理显著增加了 0~20 cm 土层碱解氮的含量 (图 1), 定植初期, BIO 处理的土壤碱解氮含量明显低于 OIC 和 CM 处理, 说明生态有机肥在土壤中的分解速度比复合肥和鸡粪慢, 释放氮素相对较少且晚。随时

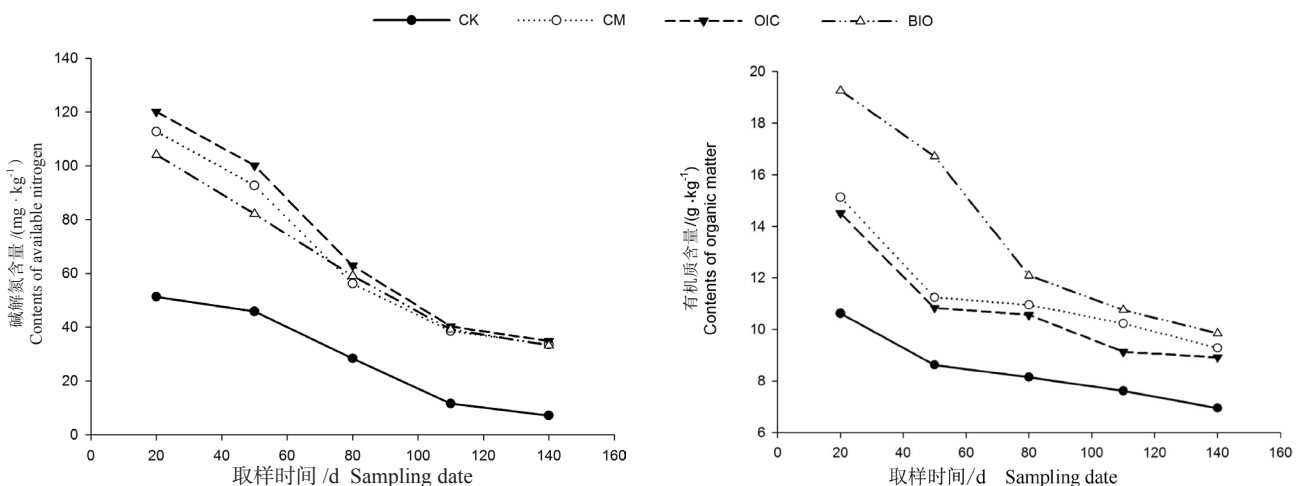
间的推移, 土壤碱解氮含量发生了变化, 各处理碱解氮含量均比定植初期低, 但降低的幅度不同, 生态有机肥处理降幅较小, 说明大果桉定植 80 d 后, 生态有机肥开始大量释放氮素。

从图 1 还可以看出, 不同施肥处理的土壤碱解氮含量, 在大果桉定植后 50~110 d 即 6 月至 8 月份期间降低幅度较大, 表明大部分大果桉苗木在移栽定植 50 d 后开始缓苗, 营养生长旺盛, 对氮素的需求量大。

2.2 不同施肥处理对定植大果桉土壤有机质含量的影响

与 CK 相比, CM、OIC 和 BIO 处理显著增加了 0~20 cm 土层有机质的含量 (图 1), 土壤施入基肥定植大果桉 20 d, BIO 处理土壤有机质含量最高达 $20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 是 CK 处理土壤有机质含量的 1.88 倍; CM 处理和 OIC 处理土壤有机质含量较接近分别为 15.13 和 $14.51 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 是 CK 处理土壤有机质含量的 1.42 倍和 1.37 倍。

不同施肥处理的有机质含量均随肥料施入时间的延长而逐渐减少, 表明 20 d 的缓苗期后, 植物长势逐渐恢复, 大量吸收土壤中的有机物质, 致使土壤中有机质含量逐渐降低。80 d 后, 各处理的土壤有机质含量降低的幅度均减小, 逐渐趋于稳定。140 d 时, BIO 处理土壤有机质含量仍为最高达 $9.28 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 是 CK 处理的 1.33 倍; 从 20 d 到 140 d 土壤有机质含量下降率最高的处理为 BIO, 下降率为 48.86%, 其次为 CM, 下降率为



注: CK—对照处理; CM—风干鸡粪处理; OIC—丹王复合肥处理; BIO—快根宝生物活性肥处理。Note: CK—Control group, CM—Chicken manure compost, OIC—King Compound fertilizer, BIO—Biological activity called fast root treasure

图 1 不同施肥处理对土壤碱解氮和有机质含量的影响

Fig.1 Effects of different fertilization treatments on the available nitrogen and organic matter

38.68%。

综上所述,各处理对土壤有机质含量的影响为 $BIO > CM > OIC > CK$,说明在提高土壤有机质含量方面施用生态有机肥具有明显的优势,比施用鸡粪和复合肥的作用更大。

2.3 不同施肥处理对定植大果桉土壤微生物量碳、氮的影响

由图2可知,随肥料施入时间的延长,CM、OIC和BIO施肥处理的土壤微生物量碳含量均表现为先逐渐增加再急剧下降的趋势。110 d前表现为上升的趋势,BIO处理的土壤微生物量碳含量由20 d时的 $142.21 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 增加到 $195.02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,CM处理的土壤微生物量碳含量由20 d时的 $119.86 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 增加到 $136.13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,OIC处理的土壤微生物量碳含量由20 d时的 $80.85 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 增加到 $119.86 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,而CK处理的土壤微生物量碳含量变化比较平缓,因为CK处理没有投入有机物,因此微生物量碳含量增长有限。不同时期,BIO处理的土壤微生物量碳含量明显高于其它处理。

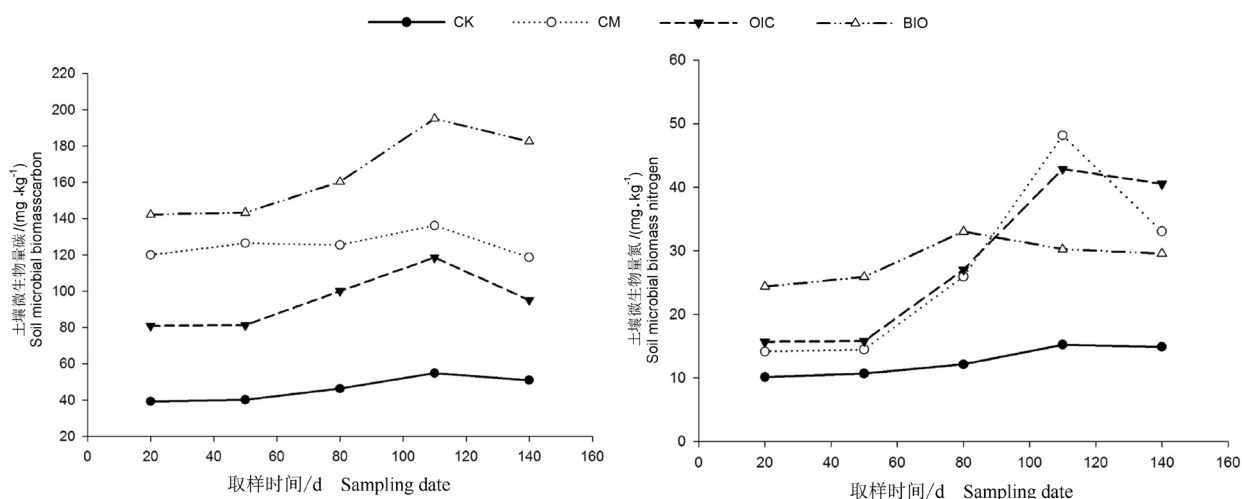
图2显示土壤微生物量氮含量的变化趋势与微生物量碳相似,呈现先上升再下降的趋势,但变化幅度更大。90 d前BIO处理的土壤微生物量氮含量最高,90 d后,CM处理的土壤微生物量氮含量最高,以上结果表明施用生态有机肥在不同时期均可明显提高土壤微生物量碳含量,在施用前期可明显提高土壤微生物量氮含量。

2.4 不同施肥处理对大果桉生长的影响

对大果桉地上部生长状况(图3)分析发现,不同处理的植株树高、胸径和叶面积增长率均在定植后50~110 d出现高值,证明在此期间植株营养生长旺盛。

由图3可见,定植后不同时期,与CK处理相比,CM、OIC和BIO处理的株高、胸径和叶面积增长率分别有所增加。在定植后50~110 d植株旺盛生长期BIO处理的各生长指标均显著高于CK,50 d时BIO处理的株高增长率为3.01%、胸径增长率为1.93%、叶面积增长率为85.87%,80 d时BIO处理的株高增长率为4.12%、胸径增长率为4.21%、叶面积增长率为32.91%,110 d时BIO处理的株高增长率为4.39%、胸径增长率为4.38%、叶面积增长率为16.28%。

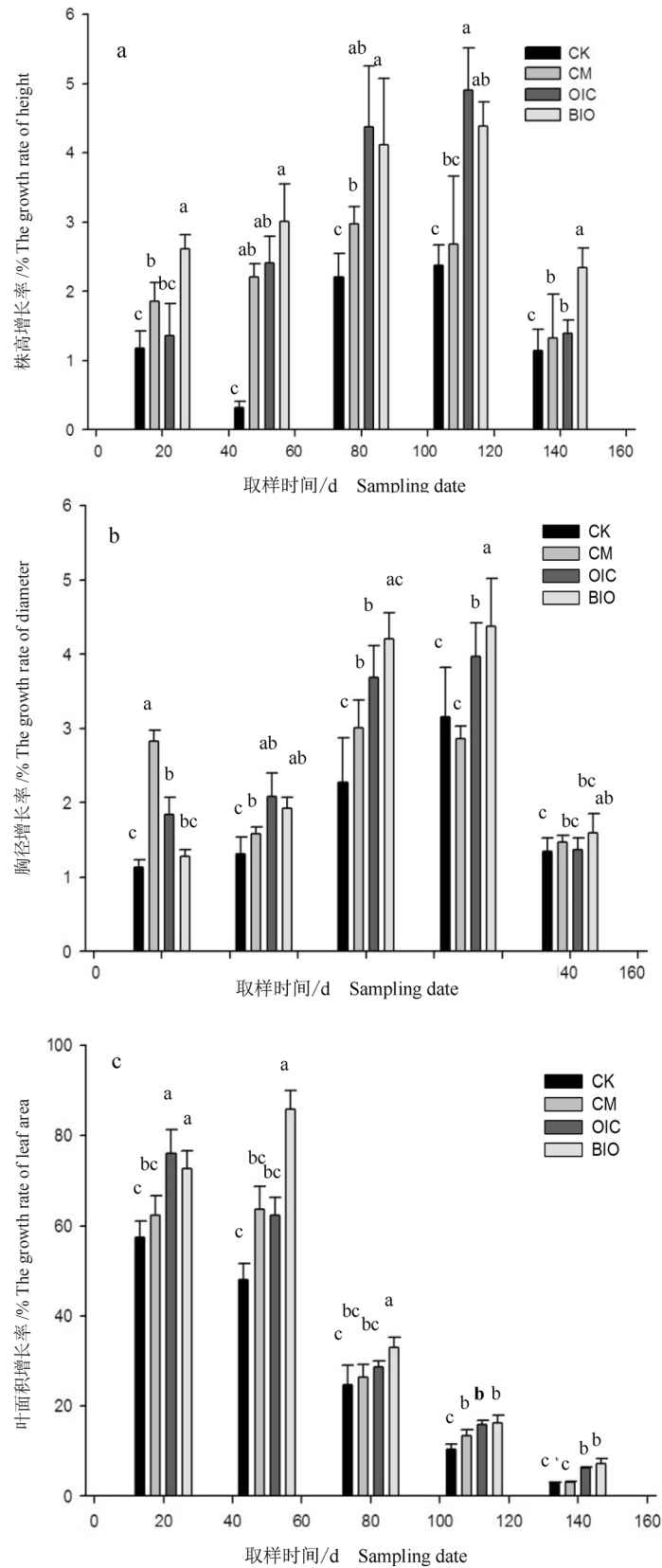
各处理对株高增长率的影响趋势为OIC和 $BIO > CM > CK$,其中OIC和BIO处理的株高增长率差异不显著;各处理对胸径增长率的影响趋势与对株高增长率的影响趋势相似,但在定植后80~110 d,BIO处理的胸径增长率显著高于OIC处理($P < 0.05$);BIO处理的叶面积增长率显著高于其他处理方式,CM和OIC处理的叶面积增长率差异不显著。从大果桉地上部生长状况可知,各施肥处理均提高了株高和胸径增长率,促进了叶片生长,其中BIO和OIC处理效果最好。



注: CK—对照处理; CM—风干鸡粪处理; OIC—丹王复合肥处理; BIO—快根宝生物活性肥处理。Note: CK-Control group, CM-Chicken manure compost, OIC-King Compound fertilizer, BIO-Biological activity called fast root treasure

图2 不同施肥处理对土壤微生物量碳、氮的影响

Fig.2 Effects of different fertilization treatments on the contents of soil microbial biomass carbon and soil microbial biomass nitrogen



注：图柱具有相同小写字母表示同一时期不同处理间在 0.05 水平差异不显著；CK—对照处理、CM—风干鸡粪处理、OIC—丹王复合肥处理、BIO—快根宝生物活性肥处理。Note: the same lowercase letters in the same cell show that there is no significant difference at the 0.05 level; CK-Control group, CM-Chicken manure compost, OIC-King Compound fertilizer, BIO-Biological activity called fast root treasure

图 3 不同施肥处理对大果桉生长的影响

Fig.3 Effects of different fertilization treatments on the growth of *Zelkova sinica*

3 结论与讨论

施入生态有机肥可以增加土壤碱解氮和有机质含量,显著提高土壤微生物量碳、氮的含量。与风干鸡粪(CM)和丹王复合肥(OIC)处理相比,快根宝生物活性肥(BIO)处理的初期土壤碱解氮含量相对较低,后期土壤碱解氮的含量相对较高,而有机质含量在整个观测期均表现出较高的水平。这可能与生态有机肥中氮素养分的存在形态较复杂,难于分解释放有关。土壤微生物量碳、氮的变化趋势呈先逐渐增加再急剧下降。由于施肥初期,微生物数量迅速增加,同时土壤中部分矿质态氮被微生物固持在体内^[8],而对照(CK)处理没有投入有机物,因此微生物量碳、氮含量增长较少。土壤微生物量碳、氮急剧下降的原因为植物经过旺盛生长期,土壤中养分被根系大量吸收,土壤中没有足够的能源物质来维持微生物的生命活动,大量的微生物相继死亡,被固持在微生物体内的氮素释放出来供作物吸收利用^[6]。

风干鸡粪(CM)、丹王复合肥(OIC)和快根宝生物活性肥(BIO)施肥处理的大果榉株高、胸径和叶面积增长率较对照(CK)有均不同程度提高,其中快根宝生物活性肥(BIO)和丹王复合肥(OIC)处理效果最好。由于快根宝生物活性肥(BIO)和丹王复合肥(OIC)处理提高了土壤中的微生物数量和微生物量碳、氮含量,根系生长的微环境得到改善,根系活力得到加强^[9]。由于快根宝生物活性肥(BIO)处理向土壤带入较多的有机物及该生态有机肥中的有益微生物如固氮

菌、氨化菌、硝化菌等提高了土壤的吸收性和缓冲性,快根宝生物活性肥(BIO)处理对促进植株胸径和叶片生长效果最为显著。

参考文献

- [1] 王瑶,米锋.园林绿化废弃物资源化利用的贡献度研究:基于减轻北京城市生活垃圾处理压力的视觉[J].资源开发与市场,2016,32(4):443-447.
- [2] 司东霞,魏珉,黄勇,等.生态有机肥对露地土壤特性及番茄生育的影响[J].北方园艺,2006(1):11-14.
- [3] 曹丹,宗良纲,肖峻,等.生物肥对有机黄瓜生长及土壤生物学特性的影响[J].应用生态学报,2010,21(10):2587-2592.
- [4] 王孝娣.高效生物有机肥在果树上的应用效应[D].泰安,山东农业大学,2005.
- [5] 谢凯,宋晓晖,董彩霞,等.不同有机肥处理对黄冠梨生长及果园土壤性状的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(1):214-222.
- [6] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [7] 金发会,李世清,卢红玲,等.石灰性土壤微生物量碳、氮与土壤颗粒组成和氮矿化势的关系[J].应用生态学报,2007,18(12):2739-2746.
- [8] 李娟,赵秉强,李秀英,等.长期不同施肥条件下土壤微生物量及土壤酶活性的季节变化特征[J].植物营养与肥料学报,2009,15(5):1093-1099.
- [9] BALDI E, TOSELLI M, MARANGONI B. Nutrient partitioning in potted peach (*Prunus persica* L.) trees supplied with mineral and organic fertilizers[J]. J. Plan Nutr, 2010, 33: 2050-2061.