

# 不同添加剂堆肥处理基质对勋章菊生长的影响

徐玉坤, 孙向阳\*, 栾亚宁, 汤佳, 姜美玲, 龚小强, 李文玉

(北京林业大学 林学院, 北京 100083)

**摘要:** 采用不同外源添加剂对园林绿化废弃物进行堆肥预处理, 并与泥炭混配作为勋章菊栽培基质, 从植株生物量、观赏形态建成、根系生长以及植株养分累积几个方面研究堆肥期间不同外源添加剂对堆肥产物栽培应用的影响, 为堆肥生产提供更切实的参考指标。结果表明, 与无添加处理(CK)相比, 单独添加腐殖酸(T1)、混合添加腐殖酸及EM菌剂(T2)以及混合添加腐殖酸与京圃园菌剂(T3)均能够明显增加勋章菊的生物量、叶片数、株高、花枝数, 提早开花3~5 d, 延长花期4~9 d, 提高勋章菊观赏价值。添加外源添加剂能够促进植株根系发育, 尤其是须根生长, 腐殖酸与菌剂混施具有良好协同作用, 与CK相比, T2、T3处理根长增幅达到76.9%~77.6%, 根尖数增幅达到106%~171%。对比花后阶段养分累积情况, 氮元素含量表现为: T1>T2>T3>CK, 磷元素含量: T2>T3>CK>T1, 钾元素含量: T2>T3>CK>T1。总体而言, 堆肥过程中添加的外源添加剂在植物栽培生长阶段仍持续发挥作用, 促进植株地上、地下部分生长以及养分累积, 复合菌剂与腐殖酸混施具有良好协同作用, 更适合园林废弃物堆肥基质生产。

**关键词:** 外源添加剂; 园林废弃物; 堆肥; 勋章菊; 根系

**中图分类号:** S682.1<sup>+</sup>1      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2014)10-0087-05

## Effects of Compost with Different Exogenous Additives on Growth of *Gazania sunshine*

XU Yu-kun, SUN Xiang-yang\*, LUAN Ya-ning, TANG Jia, JIANG Mei-ling,  
GONG Xiao-qiang, LI Wen-yu

(College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The compost of green waste with different exogenous additives were mixed with peat to take as growing media of *Gazania sunshine*. The biomass, plant morphology, root and nutrient were measured to study the effect of compost with different exogenous additives on growth of *Gazania sunshine*. The result indicated that compared to the treatment without exogenous additives(CK), the treatment with humic acid(T1), effective microorganisms+humic acid(T2), Jingpuyuan microbial agent+humic acid(T3) all could increase the biomass, height, number of leaves and flowers, flower 3-5 days earlier and extend the flowering period 4-9 days, improve the ornamental value of *Gazania sunshine*. Exogenous additives could promote root growth, especially fibrous root, and the application of microbial agent and humic acid together had good synergistic action, T2, T3 could increase root length by 76.9%-77.6% and increase root number by 106%-171% compared with CK. After flowering, nitrogen accumulation showed T1>T2>T3>CK, phosphorus accumulation showed T2>T3>CK>T1, potassium accumulation showed

收稿日期: 2014-03-19

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金项目(YX2013-09); 林业科学技术推广项目([2012]39)

作者简介: 徐玉坤(1989-), 女, 山西大同人, 在读硕士研究生, 研究方向: 园林废弃物资源再利用。

E-mail: xuyukun08@163.com

\* 通讯作者: 孙向阳(1963-), 男, 山东乐陵人, 教授, 主要从事土壤生态、废弃物资源化研究。E-mail: sunxy@bjfu.edu.cn

T2>T3>CK>T1. Sum up, the application of exogenous additives in compost could promote the plant growth and nutrient accumulation, and the microbial agent had good synergistic action with humic acid, they were suitable for green waste composting.

**Key words:** exogenous additives; green waste; compost; *Gazania sunshine*; root

与传统基质相比,园林废弃物堆肥基质物理性质良好<sup>[1]</sup>,含有多种有益微生物,具有丰富的有机质及多种营养成分,并且具有改善栽培基质菌落结构,抑制有害病菌,促进植物生长等优点<sup>[2-5]</sup>。在如今无土化栽培市场迅猛发展趋势下,由于其环保、价廉、原料易得等特性,园林废弃物堆肥基质受到大家的青睐<sup>[6]</sup>,其研究具有广阔的市场利用价值及生态效益。

为了更好地利用园林废弃物堆肥产物,针对园林废弃物传统堆肥存在的时间长、异味大等问题人们进行了一系列改良措施探索,如外源添加剂的加入能够增强木质素、纤维素和半纤维素等物质降解转化为稳定的腐殖酸物质的能力<sup>[7-9]</sup>,在堆肥生产中广泛应用。外源添加剂尤其是外源菌剂的加入不仅改变了堆肥进程与品质,其作为栽培基质,对植物生长、品质及土壤产生了更深远的影响<sup>[10-12]</sup>。但目前大量研究侧重堆肥肥料自身无害化与稳定性,较少考虑到不同处理堆肥产物应用对植物生长的影响<sup>[13]</sup>。鉴于此,从植物栽培应用角度,研究堆肥生产过程中腐殖酸、EM 菌剂、京圃园等外源添加剂对勋章菊栽培效果的影响,将堆肥生产与基质栽培应用建立直接联系,从而促进堆肥产业发展。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

勋章菊(*Gazania sunshine*),菊科,勋章花属。性喜温暖、干燥、光照充足,不耐寒,怕积水。采用美国亲吻系列,由北京林大林业科技股份有限公司提供。

品氏泥炭,采用水藓泥炭制成的有机基质,由荷兰丹麦进口,pH 值为 5.5~6.0,EC 值接近 671  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

堆肥原料取自北京朝阳园林废弃物堆肥处理基地,多为杨树、柳树、白蜡以及杂草等植物的枝叶残体或者凋落物。

腐殖酸购自河北保定万国生化集团腐殖酸研发中心,结晶状颗粒;EM 复合菌购自北京百丰天下生物科技有限公司;京圃园有机发酵菌购自北京京圃园有限公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 园林绿化废弃物堆肥预处理

堆肥过程中,分别添加不同的外源添加剂,各处理配方见表 1。

表 1 堆肥预处理设计

编号	外源添加剂
CK1	无添加
FZS	腐殖酸 6 kg
EM+FZS	EM 复合菌 3 kg+腐殖酸 6 kg
JPY+FZS	京圃园有机发酵菌 3 kg+腐殖酸 6 kg

堆肥于 2013 年 4 月在北京朝阳园林废弃物堆肥处理基地进行,堆肥期间统一进行定期翻堆,浇水保持含水率 55%左右,堆肥进行 45 d 后通过小白菜发芽试验进行毒性测试后用于勋章菊栽培。

1.2.2 勋章菊栽培试验设计 栽培试验于 2013 年 5 月中旬在北京林大林业科技有限公司温室内进行,温室内温度 6~36  $^{\circ}\text{C}$ ,湿度 10%~95%。采用 CK1、FZS、EM+FZS、JPY+FZS 预处理堆肥与泥炭以 1:1 比例混合,作为勋章菊栽培基质,分别标记为 CK、T1、T2、T3,随机区组设计,重复 3 次,每处理小区 10 株,各处理基质初期理化性质见表 2。对盆栽植物进行统一管理,采取“见干则浇,浇则浇透”原则。幼苗移栽后 1 周至开花后,每个月根施 0.2%的复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=15:15:15)1 L。

表 2 不同处理基质的初期理化性质

处理	总孔隙度/%	通气孔隙度/%	持水孔隙度/%	大小孔隙比	pH	EC/ ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
CK	57	3	54	0.05	7.23	1 140
T1	51	1	50	0.02	7.01	1 250
T2	58	1	56	0.02	7.15	967
T3	51	1	50	0.02	7.18	975

1.2.3 指标测定 分别于勋章菊苗期(7 月 16 日)、花期(8 月 16 日)及花后(9 月 30 日)3 个栽培阶段进行破坏性取样,记录勋章菊生物量、叶片数、株高、开花情况等生长指标。植株样品经 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消煮制备待测液后分别采用凯氏定氮法、钼锑抗比色法、火焰光度计法测定植株氮、磷、钾含量。花后采用 WinRHIZO 根系分析系统测定植株根系生长状况,采用 TYS-A 叶绿素测定仪测定植株叶绿素含量。

### 1.3 数据处理

数据采用 SPSS 软件 Duncan's 新复极差法进行多重比较及差异显著性分析,数据均为 3 次重复

的平均值,并进行相关性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 堆肥外源添加剂对勋章菊地上形态构建的影响

由图 1 可知,外源添加剂堆肥处理 T1、T2、T3 各阶段植株鲜质量均高于 CK,说明堆肥期间外源添加剂的加入有助于植物栽培期生物量的累积。随着栽培时间延长,勋章菊植株鲜质量各处理间差异逐渐增大,比较各处理不同生长阶段表现,T2、T3 处理在苗期与花期表现更佳,说明外源菌剂的加入可能有助于植物生物量前期迅速累积,而在花后阶段 T1 处理明显高于其他处理。

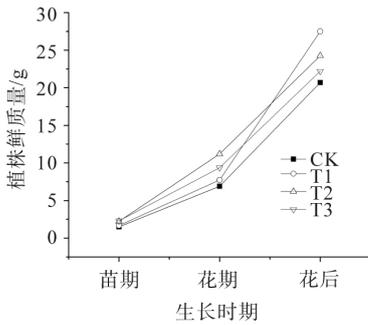


图 1 不同处理的勋章菊鲜质量

勋章菊叶由根际丛生,呈披针形或倒卵状披针形,叶片数与株高能够较好地反映勋章菊的生长形态。对比不同生育时期叶片数与株高变化(图 2、图 3)

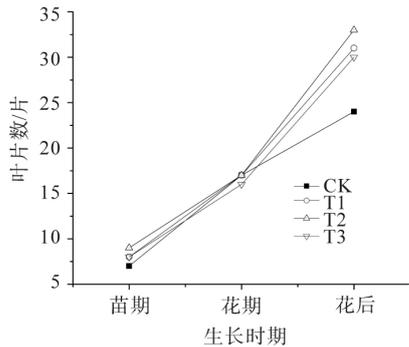


图 2 不同处理的勋章菊叶片数

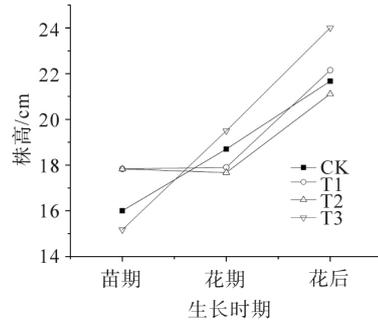


图 3 不同处理的勋章菊株高

可知,随着栽培时间延长,叶片数明显增加,株高也呈小幅度上升趋势,说明植物生物量的累计主要通过叶片数的不断增加实现。花后外源添加剂处理的叶片数量明显大于 CK,说明外源添加剂能够增加植株叶片数量,增强植株观赏价值。

由表 3 可知,在花期,不同处理的勋章菊各项观赏指标存在明显差异。不同处理间花径差异不显著,但与 CK 相比 T1、T2、T3 处理能够明显增加植株花枝数,提早开花 3~6 d,延长花期 4~9 d,说明堆肥期间外源添加剂的加入能够明显提高勋章菊观赏价值。其中,T2 处理花枝数最多,达到 8 朵,花期最长,为 51 d,但其叶绿素含量明显低于其他处理。

表 3 不同处理的勋章菊花期观赏指标值

处理	叶绿素含量 (SPAD)	花径/cm	花枝数/个	首朵开花日期/(月-日)	群体花期天数/d
CK	43.03a	5.33a	5b	08-13	42c
T1	40.27ab	5.07a	7ab	08-10	46b
T2	37.17b	5.77a	8a	08-07	51a
T3	45.17a	5.23a	7ab	08-09	47b

注:不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著,下同。

### 2.2 堆肥外源添加剂对勋章菊根系生长的影响

植株地下部分与地上部分的生物量积累基本上是相辅相成的,地下生物量累积与营养贮藏有利于地上部茎叶的生长和再生<sup>[14]</sup>。对比不同处理花后阶段植株根系(图 4),CK 根系主要由几根较为粗壮的主根构成,而外源添加剂处理植株根系分布均匀,

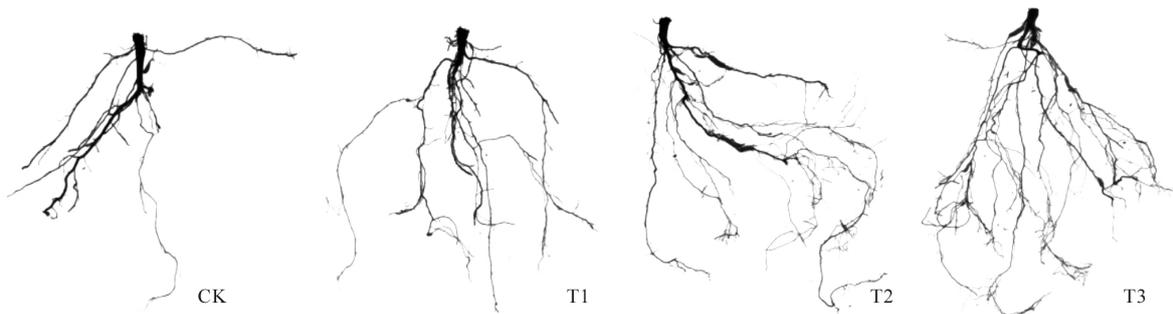


图 4 不同处理的勋章菊根系形态

主根并不明显,以须根为主,并具有较多的细小根毛。说明堆肥期间添加腐殖酸、EM 菌剂、京圈菌剂均明显促进植物根系生长,尤其促进须根的生长发育。与单独添加腐殖酸的 T1 处理相比,同时加入外源菌剂与腐殖酸的 T2、T3 处理根系生长更佳。

采用 WinRHIZO 根系分析系统对花后不同处理的根系进行分析(表 4),T2、T3 处理效果明显优于其他处理,与 CK 相比根系投影面积增幅达到

60.8%~72.7%,根长增幅达到 76.9%~77.6%,根尖数增幅达到 106%~171%。说明外源添加剂对根系数量、根长、根系面积作用效果明显,腐殖酸与外源菌剂具有较强协同作用,效果显著优于单独使用腐殖酸处理。这可能与外源添加剂一方面促进有机物质分解,增加基质养分同时增加基质孔隙度,有利于植株根系生长;另一方面改变根系微生物群落,促进根系生长发育<sup>[15-16]</sup>有关。

表 4 花后阶段不同处理的勋章菊根系指标值

处理	根质量/g	根粗/cm	根系表面积/cm <sup>2</sup>	根系投影面积/cm <sup>2</sup>	根长/cm	根尖数/个
CK	0.61b	0.52a	22.12b	7.04b	141.22b	646c
T1	0.89a	0.48a	25.27b	8.04b	168.94b	1 113b
T2	0.73b	0.51a	38.20a	12.16a	250.86a	1 332b
T3	0.68b	0.49a	35.56a	11.32a	249.85a	1 751a

由表 5 可知,根长、根系表面积、根系投影面积之间呈极显著正相关,而根粗则与根长呈显著负相关,相关系数达到-0.582。一般认为,根系在下扎的过程中很容易穿透直径与根径相当的孔隙,如果下层土壤容

重过大,小于根径的孔隙增多会限制根系的垂直生长,增加根系的穿透阻力<sup>[17]</sup>,影响根的生长特别是根伸长,使根变短变粗<sup>[18-19]</sup>。根尖数与根系表面积、根系投影面积显著正相关,与根系扫描直观结果相符。

表 5 勋章菊根系各项指标的相关分析

项目	根长	根系表面积	根系投影面积	根粗	根尖数	根质量
根长	1.000					
根系表面积	0.950**	1.000				
根系投影面积	0.944**	0.999**	1.000			
根粗	-0.582*	-0.355	-0.346	1.000		
根尖数	0.364	0.537*	0.543*	0.041	1.000	
根质量	0.244	0.358	0.353	0.044	0.293	1.000

注: \*、\*\* 分别指在 0.05 和 0.01 水平上相关。

### 2.3 堆肥外源添加剂对勋章菊植株养分累积的影响

由图 5 可知,植株体内氮、磷元素累积变化趋势各处理间较为统一,随着栽培时间延长,氮元素含量呈不断上升趋势,磷元素含量则呈现不断下降趋势。钾元素含量不同处理变化各不相同,没有明显变化趋势。对比花后阶段各养分累积情况,氮元素含量表现为:T1>T2>T3>CK,磷元素含量:T2>T3>CK>T1,钾元素含量:T2>T3>CK>T1。总的来说,与 CK 相比,同时加入外源菌剂和腐殖酸的 T2、T3 处理植物各项养分累积含量均相对较高,而单独施用腐殖酸的 T1 处理仅仅在氮含量累积上表现较佳,而在磷、钾含量累积方面效果较差。花后植物体内营养元素累积影响因素较为复杂,一方面受基质养分供给影响,包括本身基质所含营养成分分解以及复合肥料的养分供应,另一方面还受到植株根系

吸收转化能力的影响,此外,植株生命活动过程中养分消耗也对植株养分含量有一定影响<sup>[20-22]</sup>,其具体变化原因还需要进一步探究。

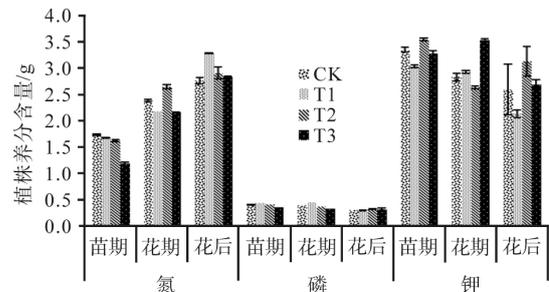


图 5 不同处理下勋章菊植株养分含量动态变化

### 3 结论与讨论

关于外源添加剂对植株生长的影响,前人研究结论各有不同,张志刚等<sup>[23]</sup>研究蔬菜残株堆肥及微

生物菌剂对设施辣椒栽培的影响,表明堆肥与外源菌剂具有协同作用。涂显平等<sup>[24]</sup>研究了添加 EM 菌剂的时间对多种植物栽培的影响,结果表明,堆肥时期添加 EM 菌剂的栽培效果优于栽培时期单独施用堆肥与外源菌剂的效果。但也有研究认为,堆肥前期外源菌剂对堆肥基质栽培应用效果影响不大,由于经过堆肥高温期,外源菌剂难以存活,应采用堆肥后期再次加入特定外源功能菌方式进行生产<sup>[25]</sup>。本试验证明,堆肥期间施用外源添加剂能够提高勋章菊的生物量、叶片数、株高,增加花枝数,延长花期,提高勋章菊观赏价值,有利于植株生长与品质提高,与张菲菲等<sup>[26]</sup>、涂显平等<sup>[24]</sup>的研究结果相一致。外源添加剂能够促进植株根系发育,尤其是须根生长,与单纯加入腐殖酸相比,腐殖酸与菌剂混施具有协同作用,效果更佳;与 CK 相比,T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub> 处理根长增幅达到 76.9%~77.6%,根尖数增幅达到 106%~171%。对比花后阶段养分累积情况,氮元素含量:T<sub>1</sub>>T<sub>2</sub>>T<sub>3</sub>>CK,磷元素含量:T<sub>2</sub>>T<sub>3</sub>>CK>T<sub>1</sub>,钾元素含量:T<sub>2</sub>>T<sub>3</sub>>CK>T<sub>1</sub>。添加外源腐殖酸有利于植株氮含量累积,外源菌剂与腐殖酸混施则有助于植株磷元素、钾元素的积累。总体而言,堆肥过程中添加的外源添加剂在植物栽培生长阶段仍持续发挥影响作用,促进植株地上、地下部分生长以及养分累积,复合菌剂与腐殖酸混施具有良好协同作用,更适合园林废弃物堆肥基质生产。

#### 参考文献:

- [1] 张庆费,辛雅芬.城市枯枝落叶的生态功能与利用[J].上海建设科技,2005(2):40-41,55.
- [2] Schmilewski G K. Quality control and use of composted organic wastes as components of growing media in the Federal Republic of Germany[J]. Acta Hort,1991,294:89-98.
- [3] 康红梅,张启翔,唐菁.栽培基质的研究进展[J].土壤通报,2005(1):124-127.
- [4] 田赞,王海燕,孙向阳,等.添加竹酢液和菌剂对园林废弃物堆肥理化性质的影响[J].农业工程学报,2010,26(8):272-278.
- [5] 周媛,谭庆,陈法志.利用废弃物的屋顶绿化基质选择与植物适应性初探[J].北方园艺,2010(10):114-116.
- [6] 张骅.以园林绿化废弃物为原料的栽培基质对草花生长的研究[D].北京:北京林业大学,2011.
- [7] 魏元帅,常智慧,韩烈保.添加辅料及引入外源微生物对草屑堆肥的影响[J].农业环境科学学报,2007,26(S2):591-593.
- [8] 席北斗,刘鸿亮,黄国和,等.复合微生物菌剂强化堆肥技术研究[J].环境污染与防治,2003(5):262-264.
- [9] 徐鹏翔,赵金兰,杨明.添加不同量的腐殖酸对猪粪堆肥中主要养分变化的影响[J].环境工程学报,2011,5(3):685-688.
- [10] 李艳霞,赵莉,陈同斌.城市污泥堆肥用作草皮基质对草坪草生长的影响[J].生态学报,2002,22(6):797-801.
- [11] 陈君,王秀峰,魏岷,等.树皮堆肥施用方法对番茄生长、产量及品质的影响[J].山东农业科学,2010(6):69-71.
- [12] 张旭,席北斗,赵越,等.有机废弃物堆肥培肥土壤的氮矿化特性研究[J].环境科学,2013,34(6):2448-2455.
- [13] 常志州,于建光,黄红英,等.有机物料“差别堆腐”及其评价方法初探[J].江苏农业学报,2013,29(2):305-311.
- [14] 张璐,孙向阳,田赞.园林废弃物堆肥用于青苹果竹芋栽培研究[J].北京林业大学学报,2011,33(5):109-114.
- [15] 陈同斌,高定,李新波.城市污泥堆肥对栽培基质保水能力和有效养分的影响[J].生态学报,2002,22(6):802-807.
- [16] Martens D A, Frankenberger W T. Modification of infiltration rates in an organic-amended irrigated soil[J]. Agronomy Journal,1992,84(4):707-717.
- [17] 郑存德,依艳丽,张大庚,等.土壤容重对高产玉米根系生长的影响及调控研究[J].华北农学报,2012,27(3):142-149.
- [18] 刘晚苟,山仑,邓西平.植物对土壤紧实度的反应[J].植物生理学通讯,2001(3):254-260.
- [19] Materechera S A, Dexter A R, Alston A M. Penetration of very strong soils by seedling roots of different plant species[J]. Plant and Soil,1991,135:31-41.
- [20] 周晓舟,唐创业.氮磷钾对秋玉米农艺性状和植株养分的影响[J].河南农业科学,2008(9):27-29,33.
- [21] 王里奥,陶玉,罗书鸾,等.利用城市污泥堆肥及建筑弃土种植麦冬研究[J].环境工程学报,2010,4(10):2367-2372.
- [22] 郭洁,孙权,张晓娟,等.生物有机肥对酿酒葡萄生长、养分吸收及产量品质的影响[J].河南农业科学,2012,41(12):76-80,84.
- [23] 张志刚,董春娟,高苹,等.蔬菜残株堆肥及微生物菌剂对设施辣椒栽培土壤的改良作用[J].西北植物学报,2011,31(6):1243-1249.
- [24] 涂显平,李志新,宋勇.有效微生物活菌制剂在水稻栽培上的应用效果[J].湖北农学院学报,2000,20(4):298-300.
- [25] 冯宏,李华兴.菌剂对堆肥的作用及其应用[J].生态环境,2004(3):439-441.
- [26] 张菲菲,刘克锋,孙俊丽,等.复合菌剂堆肥及其对鸡冠花生长发育的影响[C]//中国环境科学学会.2013中国环境科学学会学术年会论文集(第八卷).北京:中国环境科学出版社,2013:6689-6695.