

城市固体废弃物堆肥与化肥 对不同土壤植物生长的影响研究*

李万才

(滨州职业学院 滨州 256624)

张丽蓉

(山东省农业科学院信息中心 济南 250100)

马海林

(山东省林业局土肥中心 济南 250014)

摘要 温室盆栽试验研究城市固体废弃物堆肥与化肥对不同土壤黑麦草生长的影响,结果表明,堆肥和化肥可明显增加黑麦草干物质产量,阳春和大安2种土壤处理 C_{50} 干物质产量分别比对照增加 39.53% 和 109.38%,而 NPK 处理则分别增产 267.44% 和 406.25%。堆肥与化肥配施处理(NPK + C_{25} 对阳春和 NPK + C_{50} 对大安)产量最高。堆肥处理明显增加土壤 pH、有机碳、土壤有效态磷、钾、铁、锰、锌和铜含量。

关键词 黑麦草 城市固体废弃物堆肥 化肥 土壤

Effects of municipal solid waste compost and chemical fertilizer on plant growth in different soils . LI Wan-Cai(Binzhou Vocational College, Binzhou 256624, China), ZHANG Li-Rong(Information Center, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China), MA Hai-Lin(Soil and Fertilizer Center, Forestry Bureau of Shandong Province, Jinan 250014, China), *CJEA*, 2006, 14(2): 107 ~ 110

Abstract A pot experiment was conducted to compare the effects of municipal solid waste compost and chemical fertilizer on the growth of ryegrass(*Lolium perenne* L.) in different soils . The results show that the compost and chemical fertilizer significantly increase the dry matter production of ryegrass .The application of $50t\ hm^2$ of compost alone increases the dry matter yield by 39.53% and 109.38% , while that of chemical NPK alone, by 267.44% and 406.25% for Yangchun and Da'an soils, respectively . The combination of compost and chemical NPK(NPK + C_{25} for Yangchun and NPK + C_{50} for Da'an) shows the highest crop yields . The contents of soil organic carbon, available P, K, Fe, Mn, Zn, Cu, and pH are obviously increased after the treatment with compost .

Key words Ryegrass, Municipal solid waste compost, Chemical fertilizer, Soil

(Received Nov 25, 2004; revised Dec 31, 2004)

许多研究表明合理施用腐熟堆肥可促进作物生长、改善土壤物理性质和增加土壤有效养分含量,本试验研究了城市固体废弃物堆肥(简称 MSWC)与无机化肥对不同土壤黑麦草生长、产量及养分含量的影响,为探求城市固体废弃物堆肥与化肥合理施用最佳配比提供理论依据。

1 试验材料与方法

盆栽黑麦草试验于 2003 年 3 月 10 日在华南农业大学温室进行,供试土壤分别采集于广东省大安和阳春 2 地农用地表层土壤,堆肥样品源自广州市城市固体废弃物处理厂(理化性质见表 1)。将供试土壤与堆肥充分混匀装入无排水孔的塑料盆中,含有 250g 土和 4.05g、8.10g 及 16.20g 的固体废弃物堆肥混合物分别代表施用 $25t\ hm^2$ (C_{25})、 $50t\ hm^2$ (C_{50}) 和 $100t\ hm^2$ (C_{100}) 干堆肥 3 种处理;施用化肥 $5g\ NH_4NO_3$ 、 $1.25g\ K_2SO_4$ 、 $1.25g\ Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ 和 $1.25g\ MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 按处理设计各自或组合溶于 1L 水中,配成不同养分溶液(该养分溶液中 N、P、K 用量可分别折合成施 $N271kg\ hm^2$ 、 $P95kg\ hm^2$ 和 $K172kg\ hm^2$ 3 个处理)。设对照(CK)、NPK、NPK + C_{25} 、NPK + C_{50} 、NPK + C_{100} 、PK + C_{50} 、NK + C_{50} 、NP + C_{50} 、K + C_{50} 、P + C_{50} 、N + C_{50} 和 C_{50} 共 12 个处理,播种前 14d 内每处理土壤水分保持在田间持水量的 45% (为此用配制的 2 份 25mL 养分溶液,1 份加入 20mL 蒸馏水施入大安土壤中,另 1 份加入 9mL 蒸馏水施入阳春土壤中),每盆播 100 粒种

* 日本自然农法国际研究开发中心项目资助

收稿日期:2004-11-25 改回日期:2004-12-31

子,每处理 3 次重复。待种子发芽后土壤含水量调至田间持水量的 67%,室温一直保持在 25~30℃,日照时间 14~16h,无人工照射设施。于播种后 30d 首次在土壤表面以上 1cm 处剪切黑麦草,28d 后再进行第二次剪切。

表 1 供试土壤与堆肥样品基本理化性质

Tab.1 Some basic physical and chemical properties of the tested soils and compost

项 目 Items	土壤或堆肥 Soil and compost			项 目 Items	土壤或堆肥 Soil and compost		
	大 安 Da 'an	阳 春 Yangchun	城市废弃物堆肥 Municipal solid waste compost		大 安 Da 'an	阳 春 Yangchun	城市废弃物堆肥 Municipal solid waste compost
砂 粒 / %	50.6	81.5	-	P / kg·dm ⁻³	1.54	1.69	0.70
粉 粒 / %	27.4	6.8	-	全 N / g·kg ⁻¹	0.49±0.02	0.19±0.01	9.50±0.2
粘 粒 / %	22.0	11.7	-	有机碳 / g·kg ⁻¹	10.0±2.0	4.50±1.0	168.0
质 地	砂壤土	砂土	-	C / N	20.4	23.7	16.2
pH	5.67±0.01	6.88±0.02	7.20±0.01	阳离子交换量 / cmol·kg ⁻¹	3.14±1.9	2.90±0.05	-
电导率 / dS·m ⁻¹	0.17±0.01	1.80±0.03	2.44±0.01	有效磷 / mg·kg ⁻¹	0.61±0.06	2.70±0.34	680±10
田间持水量 / %	41.0	31.0	-	有效钾 / mg·kg ⁻¹	39.5±0.5	54.50±14.0	5200±500

黑麦草收获后将每盆土壤和植物样品干燥后按 Pauwels 的方法分析。用凯氏定 N 法测定植物全 N 含量。植物样品置 450℃ 马福炉中灰化 5h 后用 6mol/L HNO₃ 消化灰分,用比色法测定 P 含量,以原子分光光度法测定 K 含量,用原子吸收分光光度法测定微量元素 Fe、Mn、Zn 和 Cu 含量。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对土壤性质的影响

表 2 表明施用 50t/hm² 和 100t/hm² 堆肥处理可显著提高 2 种土壤 pH,而仅含无机肥处理显著降低 2 种土壤 pH;堆肥处理有机碳总量明显高于对照或仅含无机肥处理;明显提高总 N 含量的大安土壤为 50t/hm² 堆肥处理,而阳春土壤为 25t/hm² 堆肥处理;2 种土壤所有含堆肥处理中(除阳春土壤 25t/hm² 堆肥处理外)均对土壤有效态磷和钾有一定影响,而有效态磷和钾含量增幅取决于堆肥比例,且仅含 50t/hm² 堆肥的处理与对照和施 NPK 处理有显著差异。表 3 表明 2 种土壤施 NPK 处理与施用 50t/hm² 或 100t/hm² 堆肥处理均对土壤有效铁有明显作用;大安土壤所有处理中有效锰含量均比对照明显提高,而阳春土壤中施用 NPK 处理对有效锰无明显影响,2 种土壤 NPK + C₂₅ 与 NPK + C₅₀ 处理间有效锰含量无明显差异;Zn 含量 2 种土壤间亦无明显差异,土壤有效铜含量 NPK + C₅₀ 与 NPK + C₁₀₀ 处理均比对照和施用 NPK 处理有明显提高。

表 2 堆肥与化肥对 2 种土壤性质的影响 *

Tab.2 Effect of compost and NPK on the chemical properties of two soils

处 理 Treatments	pH		有机碳总量 / g·kg ⁻¹ Total organic carbon		全 N / g·kg ⁻¹ Total N		有效磷 / mg·kg ⁻¹ Available P		有效钾 / mg·kg ⁻¹ Available K	
	大 安 Da 'an	阳 春 Yangchun	大 安 Da 'an	阳 春 Yangchun	大 安 Da 'an	阳 春 Yangchun	大 安 Da 'an	阳 春 Yangchun	大 安 Da 'an	阳 春 Yangchun
	Da 'an	Yangchun	Da 'an	Yangchun	Da 'an	Yangchun	Da 'an	Yangchun	Da 'an	Yangchun
CK	5.9b	7.1f	8.5a	1.8a	0.51a	0.18a	7a	31a	24a	29a
NPK	5.6a	6.5a	8.7a	3.6b	0.53b	0.21a	21bc	44bc	36b	33ab
NPK + C ₂₅	5.9b	6.7a	10.7b	5.1c	0.53b	0.32b	25cd	51cde	45bc	32ab
NPK + C ₅₀	6.1bc	7.0e	12.5cd	5.4c	0.65d	0.43cd	40e	71f	62d	55c
NPK + C ₁₀₀	6.4d	7.2gh	15.7e	9.8e	0.80e	0.72e	54fg	107h	99f	161f
PK + C ₅₀	6.3d	7.2gh	13.1cd	6.2cd	0.60c	0.40c	38e	92g	83e	181g
NK + C ₅₀	6.1bc	6.8c	12.9cd	6.3cd	0.62cd	0.43cd	17bc	44bc	51cd	59d
NP + C ₅₀	6.2c	6.9de	13.1d	6.7cd	0.62cd	0.48d	38e	70f	37b	29ab
K + C ₅₀	6.3d	7.2gh	12.3c	6.6cd	0.60c	0.46cd	18bc	54de	91f	181g
N + C ₅₀	6.2c	7.0e	13.1cd	6.8cd	0.63cd	0.44cd	19bc	43bc	37b	28ab
P + C ₅₀	6.4d	7.2gh	12.5cd	6.6cd	0.60c	0.44cd	51fg	90g	100f	96e
C ₅₀	6.4d	7.3h	13.1cd	6.3cd	0.60c	0.42cd	23bc	60e	98f	103e

* 数字后小写字母表示 5% 差异显著性,下同。

表 3 堆肥与化肥对 2 种土壤养分含量的影响

Tab 3 Effects of compost and NPK on the nutrient contents of two soils

处 理 Treatments	Fe/ mg·kg ⁻¹		Mn/ mg·kg ⁻¹		Zn/ mg·kg ⁻¹		Cu/ mg·kg ⁻¹	
	大安 Da'an	阳春 Yangchun	大安 Da'an	阳春 Yangchun	大安 Da'an	阳春 Yangchun	大安 Da'an	阳春 Yangchun
CK	87bc	48ab	7a	6a	1a	1.0a	0.89ab	0.90a
NPK	77ab	69ab	14b	7a	1a	1.0a	0.83ab	0.97a
NPK + C ₂₅	73ab	74b	11b	9b	2ab	2.0abc	0.95b	1.10abc
NPK + C ₅₀	92c	86bc	13b	9b	3b	2.0abc	1.10cd	1.20bc
NPK + C ₁₀₀	103d	120de	21d	12c	5cd	3.7d	1.30d	1.50d
PK + C ₅₀	86bc	101cd	18bc	14cd	3b	2.3bc	1.00cd	1.10abc
NK + C ₅₀	86bc	80bc	18bc	13cd	3b	2.4bc	0.97bc	1.00abc
NP + C ₅₀	86bc	126de	19cd	15cd	3b	3.1c	0.97bc	1.20bc
K + C ₅₀	80ab	94c	17bc	13bc	3b	3.1c	1.20cd	1.20bc
N + C ₅₀	82ab	120de	13b	13bc	5cd	3.6cd	1.20cd	1.10bc
P + C ₅₀	94c	120de	16bc	15bc	6d	3.6cd	1.20cd	1.20bc
C ₅₀	87bc	130de	14b	13bc	6d	3.3cd	1.10cd	1.40cd

2.2 黑麦草干物质产量及养分含量的变化

表 4 表明 2 种土壤中堆肥与 NPK 配施处理明显增加黑麦草干物质产量,大安和阳春土壤 50t/hm² 堆肥处理黑麦草干物质产量分别比对照增加 109.38% 和 39.53%, NPK 处理则分别比对照增加 406.25% 和 267.44%。黑麦草剪切结果表明大安和阳春 2 地土壤中植物有效养分严重不足。

2 种土壤中与 50t/hm² 堆肥配合施用 NP、NK 或 N 处理对 N 的吸收明显高于施 NPK 处理和对照,且堆肥施用比例同样对 2 种土壤黑麦草体内 N 浓度有明显影响,增施化肥可增加有机氮有效性。阳春土壤中未施用无机 P 的和 NPK 处理植株体内 P 浓度与对照无明显差异;大安土壤 K + C₅₀ 和 C₅₀ 处理植株体内 P 浓度明显高于对照(见表 4), NPK 处理植株体内 P 浓度低与 Mazzarino^[2] 研究结果一致,即大安土壤产生酸环境导致 P 的保存或固定使 NPK 处理植株体内 P 浓度较低,大安土壤中(NPK + C₁₀₀ 处理除外)植株体内 P 浓度比充足水平低 3.58g/kg,这表明大安土壤中 P 也是植物生长的限制因子,施用堆肥可增加 P 的吸收;阳春土壤中除 N + C₅₀ 处理外所有处理均显著增加植株体内 P 浓度,阳春土壤中原有效磷和适宜的 pH 环境为植物从土壤中大量吸收 P 创造了条件。NPK 处理与不同用量堆肥处理和 P + C₅₀ 处理使植株体内 P 浓度维持在充足范围(3.5 ~ 5.0g/kg),这一结果已被 Bergmann^[3] 研究所证实。C₅₀ 处理或无 K 堆肥处理导致植株体内 K 浓度显著提高(见表 4),堆肥处理或含 K 无机处理植株体内 K 浓度维持在充足范围(25 ~ 35g/kg),这也已被 Bergmann^[3] 研究所证实。2 种土壤 NPK 处理黑麦草体内 K 浓度低于临界水平,这可解释为受稀释的影响所致。

表 4 堆肥与无机 NPK 肥对黑麦草干物质产量及其养分含量的影响

Tab.4 Influence of compost and mineral NPK on the dry matter yield and nutrient content of ryegrass

处 理 Treatments	干物质产量/ g·盆 ⁻¹ Dry matter yield				含量/ g·kg ⁻¹ Content			
	N		P		K			
	大安 Da'an	阳春 Yangchun	大安 Da'an	阳春 Yangchun	大安 Da'an	阳春 Yangchun	大安 Da'an	阳春 Yangchun
CK	0.32a	0.43a	8.10a	7.80a	1.00a	2.20a	13.30a	20.0a
NPK	1.62cd	1.58de	14.30b	12.90b	1.20a	3.40de	18.00b	22.30abc
NPK + C ₂₅	1.65cd	1.65e	15.60c	15.90c	2.10b	3.70ef	20.60bc	29.10d
NPK + C ₅₀	2.00e	1.61de	17.00d	18.90d	3.00c	4.30fg	26.00ef	3.52ef
NPK + C ₁₀₀	1.87e	1.33c	19.60e	24.90e	3.90de	4.00fg	36.30i	35.70f
PK + C ₅₀	0.60b	0.55ab	9.40a	9.00a	4.10de	4.20fg	29.20h	27.40cd
NK + C ₅₀	1.48c	1.33c	17.30d	19.70d	1.10a	3.00cd	27.10fgh	36.40f
NP + C ₅₀	1.7cd	1.53cde	16.90d	18.60d	3.50de	9.00h	19.90bc	28.20d
K + C ₅₀	0.77b	0.65ab	8.80a	9.30a	2.40b	2.80bc	27.40gh	27.50cd
N + C ₅₀	0.77b	0.67b	1.60c	2.00d	0.13a	0.25ab	1.98bc	3.04d
P + C ₅₀	1.82de	1.42cd	8.40a	9.10a	3.20c	4.40fg	24.30def	26.40b
C ₅₀	0.67b	0.60ab	8.20a	8.50a	3.10c	3.20cd	25.40ef	22.00ab

大安土壤中无机肥与堆肥配施处理以及单施堆肥处理植株吸收微量元素 Fe 和 Mn 量高于对照(见表 5),施用堆肥可提供植物有效铁和锰,阳春土壤未施无机 N 处理植株吸收 Fe 和 Mn 量与对照无显著差异,2 种土壤中 NPK 处理与 NPK + C₂₅ 处理间和 NPK + C₅₀ 处理与 NPK + C₁₀₀ 处理间无显著差异。阳春土壤黑麦草体内 Fe 浓度为正常范围(50 ~ 250mg/ kgDM)内,而大安土壤(对照、PKC₅₀、KC₅₀ 和 PC₅₀)处理黑麦草体内 Fe 浓度高于上限(250mg/ kgDM),但仍低于有毒水平(500mg/ kgDM)。2 种土壤所有处理黑麦草体内 Mn 浓度保持在正常范围(25 ~ 250mg/ kg)内,2 种土壤对照处理植物体内 Fe 和 Mn 充足是因土壤中均含有大量潜在性 Fe 和 Mn。堆肥比例对 Zn 和 Cu 的吸收无影响,黑麦草中 Zn 浓度低于原水平 25mg/ kgDM,这表明 2 种土壤中 Zn 是限制因子之一,植物体内 Zn 浓度低可能是由于 Fe 浓度相对较高所致。阳春土壤对照处理和单施堆肥处理植物体内 Cu 浓度低于原水平,其他处理保持在充足范围(6 ~ 15mg/ kgDM),土壤和堆肥 pH 接近中性亦可能是堆肥处理植物吸收 Cu 低的原因所在。各处理对植物吸收微量养分的影响,Fe > Mn > Zn 和 Cu,大量 Fe、Mn 和 Zn 从土壤中带走应归因于高的干物质产量所致,2 种土壤中 Cu 吸收量基本相同。

表 5 施用堆肥与化肥对黑麦草吸收微量养分的影响*

Tab.5 The effect of application of compost and chemical fertilizer on the micro nutrient uptake of ryegrass

处 理 Treatments	Fe/ $\mu\text{g}\cdot\text{盆}^{-1}$		Mn/ $\mu\text{g}\cdot\text{盆}^{-1}$		Zn/ $\mu\text{g}\cdot\text{盆}^{-1}$		Cu/ $\mu\text{g}\cdot\text{盆}^{-1}$	
	Fe		Mn		Zn		Cu	
	大安 Da'an	阳春 Yangchun	大安 Da'an	阳春 Yangchun	大安 Da'an	阳春 Yangchun	大安 Da'an	阳春 Yangchun
CK	101a	50a	36a	16a	5a	2a	2a	2a
NPK	213b	247d	187de	122e	26d	9bc	12bc	14d
NPK + C ₂₅	244bc	156c	214ef	60d	20c	11cd	12bc	14d
NPK + C ₅₀	340d	129bc	226f	45c	21c	13d	12bc	12cd
NPK + C ₁₀₀	305cd	158c	142c	40bc	32e	7b	14bc	14d
PK + C ₅₀	290bcd	50a	82b	10a	5a	3a	6a	4ab
NK + C ₅₀	345d	105b	148c	31b	16b	8b	11b	11c
NP + C ₅₀	354d	109b	181d	41bc	15b	7b	12bc	12cd
K + C ₅₀	239bc	55a	82b	16a	8a	3a	6a	5b
N + C ₅₀	304cd	100b	180b	33b	18bc	7b	17b	11c
P + C ₅₀	304cd	57a	78b	16a	6a	3a	6a	4ab
C ₅₀	125a	49a	48a	17a	5a	2a	4a	3ab

* 黑麦草为第一次剪切。

3 小 结

研究结果表明 2 种土壤施用城市固体废弃物堆肥可改善土壤理化性质,显著提高土壤有机质、总 N、有效磷和有效钾含量,并提高土壤 pH,进而提高植物干物质产量。为获得较高植物干物质产量,施用堆肥的同时应配施充足无机 N、P、K 为宜,阳春土壤中施 N271kg/ hm²、P95kg/ hm² 和 K172kg/ hm² 配施堆肥 25t/ hm² 效果最佳;而大安土壤中 N、P、K 肥(用量同上)配施堆肥 50t/ hm² 效果最佳。由于植物干物质产量较低,堆肥中所含重金属元素对土壤和植物无明显影响,这说明农地施用低含量重金属元素的城市固体废弃物堆肥亦不会造成土壤污染。

参 考 文 献

- 1 黄国锋.有机固体废弃物好氧高温堆肥化处技术.中国生态农业学报,2003,11(1):159~161
- 2 Mazzarino Plant response to fish farming wastes in volcanic soils. J. Environ. Qual., 1997, 26: 522~528
- 3 Bergmann. Bemerkungen and tabellen zur analytischen pflanzen diagnose der pflanzenoder blattanalyse. Farbatlas Ern hrungsst rungen Bei Kulturpflanzen Visuelle and Analytische Diagnose Jena, Germany: VEG Gustav-Fischer-Verlag, 1986