

猪粪与化肥配比对基质栽培番茄生长与产量的影响^①

王德建¹, 孙瑞娟^{1,2}, 陈国安¹

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 研究了猪粪与化肥 N 配比对苏南地区温室基质栽培番茄 (辽宁英石大红) 生长与产量的影响, 试验设猪粪 N 占总 N 的比例为 0%、30%、50%、70%、100% 与无肥对照 (CK) 6 个处理。结果表明: ①与纯化肥处理比较, 猪粪 N 显著地增加番茄的茎粗、果枝台数、座果数与茎叶生物量, 茎粗与座果数分别增加 16.8%~27.4% 与 32.1%~53.6%, 但对番茄的株高、叶片数、第一果枝位高度影响较小。②猪粪处理的番茄产量显著地高于化肥处理, 比化肥处理增产 26.6%~45.6%, 不同猪粪处理之间差异不显著。随着猪粪 N 增加, 番茄前中期果的比例减少、病果率增加, 但 30% 猪粪 N 处理的番茄不仅产量最高 (69.9 t/hm²), 而且前中期果实的产量与比例也最高 (60.7%), 是合适的有机无机 N 的比例。③以腐熟的猪粪与化肥作基肥为主, 配合一次追施少量化肥, 试验期间仅以水灌溉, 能基本满足番茄 107 天生育期内的养分供应, 获得 60.7~69.9 t/hm² 的番茄产量。

关键词: 基质栽培; 发酵猪粪; 氮肥比例; 番茄产量

中图分类号: S147; S606

在现代大型温室 (塑料温室) 蔬菜栽培中, 为了防止连作障碍, 大多采用基质加营养液滴灌栽培技术。由于营养液配制需要一定的专业知识, 且配制营养液所需的养分主要为 KNO₃、Ca(NO₃)₂·4H₂O、KH₂PO₄ 等化工原料, 价格比普通的 N、P、K 肥料贵得多, 从而增加了生产成本, 因此该技术在基层推广有一定困难。与通过营养液滴灌不断提供蔬菜养分相比较, 猪粪等有机肥料具有养分组成完全、供应均衡等特点。能否通过确定合适有机肥与化肥的比例并作基肥一次性施用, 以满足作物生长季的养分供应, 取代营养液, 达到节省人工、降低成本的目的, 同时还可以部分地解决集约化养殖的畜禽粪便处理问题, 减少环境污染, 实现清洁生产。近年来, 国内外均有学者进行有机肥在基质栽培上的应用研究, 通过在基质栽培中加入不同比例的有机肥, 从而提高番茄等蔬菜的产量、改善品质与减少病害^[1-6]。如: 王友均等^[7-8]研究表明, 用有机肥部分代替滴灌营养液, 能降低肥料成本 40%, 且番茄的长势、产量都有较大的提高。日光温室中应用有机肥加营养液滴灌技术也具有显著的节肥与增产效果^[9]。但已有的研究中鲜见有用有机肥与化肥配合完全取代滴灌营养液报道, 本试验的目的就是研究有机肥与化肥配合取代滴灌营养液的可行性, 以及猪粪与化肥的比例对番茄生长、产量与品质的影响, 为完

善有机肥在基质蔬菜栽培中的应用提供科学依据。

1 材料与方法

试验在江苏省常熟市中科院常熟农业生态试验站的塑料温室中进行。供试番茄品种为英石大红 (辽宁抚顺), 2002 年 1 月 10 日浸种催芽, 播种在大棚内的小拱棚中, 3 月 26 日移栽, 7 月 11 日结束, 生长期 107 天。

1.1 试验设计与养分设定

根据番茄的养分吸收量和设定的养分利用率, 设定在温室中化肥 N 的利用率为 60%, 猪粪 N 的利用率为 30%, 计算得番茄的 N、P、K 施用量分别为 249、49.5、275 kg/hm²。试验按猪粪 N 与化肥 N 的不同比例设计 6 个处理, 4 次重复, 随机区组排列, 试验处理与肥料用量如表 1。试验用肥料的养分含量为: 尿素含 N 46.0%, 硝酸钙含 N 12.0%, 硝酸钾含 N 14.0%、K 38.7%, 过磷酸钙含 P 6.1%, 猪粪含 N 2.01%、P 1.05%、K 1.15%。除硝酸钾占总 N 的 60%、硝酸钙占总 N 的 30% 作追肥外, 其余肥料均作基肥, P、K 元素由化肥的相应比例带入, 施猪粪的处理不再另外补充 P、K 肥。不同处理的总 N 量严格一致, 总 K 量基本相同, 总 P 量则随着猪粪比例的增加而增加。

1.2 基质配制和小区划分

所用基质为泥炭:珍珠岩:河沙:煤渣=6:2:1:1, 在栽

①基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KSCX2-YW-N-038) 资助。

作者简介: 王德建 (1957—), 男, 江苏阜宁人, 研究员, 主要从事农田生态系统养分与设施栽培方面的研究工作。E-mail: djwang@issas.ac.cn

表 1 不同处理的肥料用量 (kg/hm²)

Table 1 Amounts of manure and fertilizers used in different treatments

处理 (猪粪 N 比例)	尿素	硝酸钾	硝酸钙	过磷酸钙	硫酸镁	猪粪
CK	0	0	0	0	0	0
0%	162	711	621	810	150	0
30%	113	498	432	569	150	7425
50%	81	356	311	405	150	12375
70%	50	213	191	243	150	17325
100%	0	0	0	0	0	24750

培槽内铺 10 cm 厚。每个栽培槽长 37.5 m, 去掉小区之间隔离墙 0.60 m, 分成 4 个小区, 每个小区长 9.2 m, 槽宽 0.73 m, 操作行宽 0.50 m, 栽培槽净面积 6.71m², 计算产量面积 11.32 m²。基质铺好消毒后, 按小区净面积施入基肥, 包括尿素、硝酸钾、过磷酸钙、硫酸镁和发酵后的猪粪, 耙平混匀, 移栽番茄, 株距 0.45 米, 每小区两行共 40 株, 硝酸钙作追肥于 5 月 18 日按方案施用。

1.3 栽培管理

灌水: 一般前期每 3~5 天灌水一次, 时间 30 min; 中后期每 2~3 天灌水一次, 时间 40 min; 阴雨天不灌, 以保持基质湿润、水分不渗出为原则。

病虫害防治: 移栽前基质用辛硫磷和百菌清喷雾, 喷后翻匀, 防止线虫病和其他病害, 移栽后用病毒 A、速克灵、百菌清等定期防病。整个生长期除前期果实里有少数脐腐病外, 其它基本没有病害发生。

1.4 观测与采收

每个处理设 4 个点, 每点 5 株, 分别在移栽后 30 天、50 天、64 天对番茄株高、叶片数、茎粗、果枝位

与成果数进行调查。果实从 6 月 4 日开始采收到 7 月 11 日结束, 共采收 18 次, 每次采收均记录总果重、病果重、病果数等。分别在 6 月 9 日和 7 月 1 日采收的果实中, 取样分析品质与养分含量, 并在 7 月 11 日最后一次收获后, 每小区采集 2 株番茄植株, 将根、茎、叶分开, 在 75℃ 下烘干称重并作养分分析。

2 结果与讨论

2.1 猪粪 N 比例对番茄营养生长的影响

移栽后 50 天不同处理番茄的营养生长状况见表 2。结果表明, 虽然添加猪粪处理番茄株高、叶片数和第一果枝位 (未列出) 比化肥处理均有所增加, 增幅在 1.0%~9.5%, 但均未达到显著差异。添加猪粪显著地增加了番茄的茎粗, 比化肥处理增加 16.8%~27.4%, 以全猪粪处理的增加最高, 但是不同猪粪处理之间没有显著差异。这表明虽然猪粪 N 与化肥 N 比例不同, 但基本上能满足番茄前期营养生长的需求, 而第 1 果枝位出现高度主要是由品种特性所决定的, 受施肥的影响较小。

表 2 不同猪粪 N 比例对番茄生长的影响 (移栽后 50 天)

Table 2 Effect of manure/fertilizer ratio on growth of tomato

处理 (猪粪 N 比例)	株高 (cm)		叶片数		茎粗 (mm)	
	平均	相对 (%)	平均	相对 (%)	平均	相对 (%)
CK	78.0 a	99.5	15.1 a	98.7	8.7 c	77.0
0%	78.4 a	100	15.3 a	100.0	11.3 b	100.0
30%	81.9 a	104.5	15.4 a	100.6	13.4 a	118.6
50%	85.8 a	109.4	16.7 a	109.2	13.4 a	118.6
70%	80.3 a	102.4	15.9 a	103.9	13.2 a	116.8
100%	79.1 a	100.9	15.7 a	102.6	14.4 a	127.4

注: ①茎粗测定位置在第 1 果枝上部; ②同一列内相同字母的平均值之间无显著差异 ($p < 0.05$), 下同。

2.2 猪粪 N 比例对番茄座果数的影响

猪粪与化肥 N 对番茄生殖生长的影响见表 3。结果显示, 在移栽后 50 天, 第 1 台果枝和第 2 台果枝的座果数, 均是猪粪处理显著高于化肥处理与 CK, 分别

增加 16.0%~45.9% 和 34.5%~41.4%, 尤以全猪粪处理的最高, CK 最低。封顶后的 (移栽后 64 天) 座果数也是猪粪处理显著地高于化肥处理与 CK, 座果数有随着猪粪比例的增加而增加的趋势, 但不同猪粪处理

之间没有显著差异。同期调查也表明, 纯化肥处理的只有 35% 的番茄植株有第 4 台果枝, 平均 0.45 个果实, 而全猪粪处理的有 55% 植株有第 4 台果枝, 平均

1.2 个果实。Maynard^[10]研究也表明, 施用有机堆肥能提高大田栽培番茄座果数和果实的重量, 从而提高产量。

表 3 不同猪粪 N 比例对番茄座果数的影响

Table 3 Effect of manure/fertilizer ratio on fruit-setting of tomato

处理 (猪粪 N 比例)	第 1 台果枝 (个)		第 2 台果枝 (个)		封顶后 (个)	
	平均	相对 (%)	平均	相对 (%)	平均	相对 (%)
CK	3.3	89.0	2.6	89.7	6.8 b	81.0
0%	3.7	100.0	2.9	100.0	8.4 b	100.0
30%	4.3	116.0	3.9	134.5	11.4 a	135.7
50%	4.5	121.6	3.9	134.5	12.1 a	144.1
70%	4.4	118.9	3.9	134.5	11.1 a *	132.1
100%	5.4	145.9	4.1	141.4	12.9 a	153.6

注: * 70% 猪粪 N 处理的重复 I 后期长势明显较差。

2.3 猪粪 N 比例对番茄商品性与产量的影响

设施栽培的目的主要是为了提早蔬菜生育期, 使其早成熟早上市, 提高经济效益, 因此前中期番茄的产量和质量具有重要意义。在苏南地区露天栽培番茄一般在 6 月 15—20 日左右上市, 因此 6 月 20 日前(前中期)温室番茄产量对商品性与经济效益影响较大。

试验前中期番茄的产量、病坏果量如表 4。结果表明, 猪粪处理的果实产量均高于化肥处理与 CK, 但从占总产的比例来看, 不同猪粪处理的范围在 51.2%~60.7%, 均低于纯化肥处理的 65.7% 与 CK 的 74.9%。这也是一般规律, 作物营养生长差, 生殖进程则加快, 导致前中期果实比例要高。从病(坏)果率来看, 本期

试验的病(坏)果率并不高, 仅占总产的 0.2%~4.1%, 且主要集中在 6 月 4 日和 6 月 9 日的两次采收中, 主要是由于 5 月份的阴雨天气较多, 大棚内温度偏低、光照不足, 引起了下部果实发生了脐腐病。在不同猪粪处理中, 病(坏)果率有随猪粪比例增加而增加的趋势, 以全猪粪处理的最高(4.1%), 与其他处理有显著差异, 其余处理之间没有显著差异。猪粪处理的番茄营养生长偏旺, 植株之间郁闭度加大, 因而病害较多。但是病果一般都是小果, 所以对产量的影响不大。如 6 月 9 日收获的病果相对数较多, 但单果重平均在 90.0~123.0 g, 比整个收获期平均单果重 112.9~173.5 g 小 20.3%~29.1%, 因而对产量的影响小。

表 4 不同猪粪 N 比例对番茄产量与商品性的影响 (t/hm²)

Table 4 Effect of manure/fertilizer ratio on yield and marketability of tomato

处理 (猪粪 N 比例)	前中期产量		病(坏)果产量		总产量	
	产量	占总产 (%)	产量	占总产 (%)	产量	相对 (%)
CK	20.3 b	74.9	0.06 b	0.2	27.1 c	56.6
0%	30.4 a	65.7	0.37 b	0.8	46.3 b	100.0
30%	42.4 a	60.7	1.29 b	1.8	69.9 a	145.6
50%	31.1 a	51.2	1.43 b	2.4	60.7 a	126.6
70%	33.4 a	52.2	1.00 b	1.6	64.0 a	133.4
100%	36.7 a	56.6	2.67 a	4.1	64.8 a	135.1

综合 18 次的采收结果, 不同处理番茄的累计产量表明(表 4), 猪粪处理的番茄产量显著高于化肥处理与 CK, 比化肥处理增产 26.6%~45.6%, 不同猪粪处理之间差异不显著, 但以 30% 猪粪 N 处理的产量最高(69.9 t/hm²), 比化肥处理的增产 45.6%。该处理不仅产量最高, 而且前中期果实的产量与比例在 4 个猪

粪处理中也最高, 达 60.7%, 30% 的猪粪 N 配比可以认为是番茄生长合适的猪粪与化肥 N 的比例。Atiyeh 等^[4]的研究也表明, 在番茄的温室基质栽培中, 以添加基质体积 20% 的蚯蚓处理的猪粪增产效果最佳。徐立功等^[11]研究也表明, 生物有机肥与化肥配合比单施化肥增产 16.5%。但是, 作为设定的等 N 量试验,

显然猪粪处理的增产幅度偏大,这可能与设定的化肥 N 利用率偏高(60%)、猪粪处理的 P 高于化肥处理有关,然而从最终产量并非全猪粪处理的最高来看,N 肥的比例起着主要作用。从番茄的长势来看,纯化肥处理的长势偏差一些,虽然株高相差无几,但果枝数明显减少,座果数比全猪粪处理少 53.6%(表 3)。虽然全猪粪处理番茄座果数多,但小果、病坏果数也较多,从而影响了产量。

试验主要以腐熟的猪粪与化肥作基肥(占总施 N 量的 77%~90%),配合追施一次化肥,来供应番茄生长期间的养分,试验期间仅以水灌溉,番茄生长除化肥处理差一些外,其余长势均良好,在 107 天生长期内,不同猪粪处理的番茄产量在 60.7~69.9 t/hm²,达到了一般温室基质栽培的产量水平,表明养分速效的化肥与缓效的猪粪配合,能基本满足番茄生长期间的养分供应,替代营养液滴灌技术,适合在中小规模温室基质栽培中应用。

2.4 猪粪 N 比例对番茄茎叶重量的影响

虽然地上部茎叶产量对经济产量没有意义,但营养生长与生殖生长是密切相关的,而且通过计算地上部分的生物量,对评价不同处理的养分吸收利用率、指导施肥具有重要意义。不同处理的茎叶产量如图 1 所示,方差分析表明,不同猪粪处理之间的茎重没有显著差异,仅 100% 猪粪处理茎产量显著高于化肥处理。不同猪粪处理的叶重均显著地高于化肥处理,与茎粗和果实产量变化趋势基本一致,表明猪粪有助于增加番茄的茎叶生物量,尤以 100% 猪粪处理的茎叶产量最高。茎叶产量和猪粪 N 比例也有一些不完全一致的地方,70% 猪粪 N 处理的茎叶产量偏低与其中的一个重复长势明显差有关。

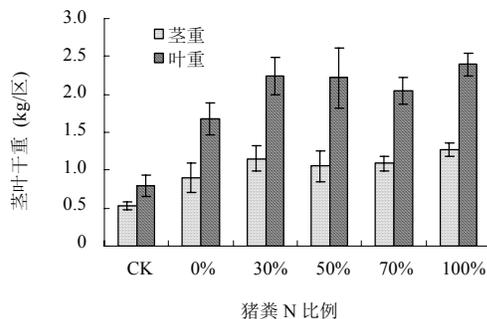


图 1 猪粪 N 比例对番茄茎、叶产量的影响

Fig. 1 Effect of manure/fertilizer ratio on biomass of shoots and leaves of tomato plants

3 结论

(1) 猪粪 N 能显著地增加番茄的茎粗、果枝台数、座果数与茎叶生物量,但对株高、叶片数、第 1 果枝位高度影响较小。

(2) 猪粪处理番茄产量显著地高于化肥与 CK 处理,但不同猪粪处理之间差异不显著,随着猪粪 N 比例的提高,番茄前中期产量有所增加,但占总产的比例在减少;30% 猪粪配比不仅番茄产量最高,而且前中期的产量与比例也最高,可以认为是番茄生长合适的有机无机 N 的比例。

(3) 以腐熟的猪粪与化肥作基肥,配合追施一次化肥,能基本满足番茄 107 天生育期内的养分供应,获得 60.7~69.9 t/hm² 的产量,猪粪配施化肥能取代基质营养液滴灌栽培生产模式,具有一定的推广价值。

参考文献:

- [1] 李东,宋凤英,倪英.施用有机肥对槽培黄瓜生长状况的影响试验初报.宁夏农林科技,2002(2): 62
- [2] 齐维强,贺超兴,张志斌,邹志荣.施用秸秆有机肥对温室番茄生长发育的影响初探.陕西农业科学,2003(6): 3-5
- [3] 张迪,魏自民,王世平,许景钢.新型城市生活垃圾发酵产品对番茄的产量和品质的影响.黑龙江农业科学,2005(2): 21-23
- [4] Atiyeh RM, Arancon N, Edwards CA, Metzger JD. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. Bioresource Technology, 2000, 75(3): 175-180
- [5] Atiyeh RM, Edwards CA, Subler S, Metzger JD. Pig manure vermicompost as component of a horticultural bedding plant medium: Effects on physicochemical properties and plant growth. Bioresource Technology, 2001, 78(1): 11-20
- [6] Toor RK, Savage GP, Heeb A. Influence of different types of fertilizers on the major antioxidant components of tomatoes. Journal of Food Composition and Analysis, 2006, 19: 20-27
- [7] 王友均,掌于平.有机质肥料配方试验.长江蔬菜,2002(9): 41-42
- [8] 史吉平,董永华,姚永康.无土栽培中有机型基质肥料管理比较试验.上海农学报,2003,19(3): 76-79
- [9] 李铮,王晋民,王海景,许云文.蔬菜日光温室问题与水肥一体化技术探讨.土壤,2006,38(2): 223-227
- [10] Maynard AA. Evaluating the suitability of MSW compost as soil amendment in field-grown tomatoes. Compost Science and Utilization, 1993, 1: 34-36
- [11] 徐立功,徐坤,刘会诚.生物有机肥对番茄生长发育及产量品质的影响.中国蔬菜,2006(4): 8-11

Effect of Manure/Fertilizer Ratio on Growth and Yield of Tomato Cultivated in Greenhouse Medium

WANG De-jian¹, SUN Rui-juan^{1,2}, CHEN Guo-an¹

(1 *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Science, Nanjing 210008, China;*

2 *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

Abstract: Effects of manure/fertilizer ratio on growth and yield of tomato growing in a greenhouse were studied under greenhouse cultivation in South Jiangsu. The experiment was designed to have 5 treatments, Treatment 1, 2, 3, 4 and 5 with manure-N accounting for 0%, 30%, 50%, 70% and 100% of total N, respectively, in fertilization, and CK (no fertilization). Results showed application of composted pig manure significantly increased stem diameter, number of fruit branches, number of fruits, and biomass of shoots of the tomato. Stem diameter increased by 16.8% ~ 27.4% and the number of fruits by 32.1% ~ 53.6%, over those grown in Treatment 1, but the application did not have much effect on plant height, number of leaves and height of the first fruit-setting branch. Tomato yields in Treatments 2, 3, 4 and 5 were 26.6% ~ 45.6% higher over that in Treatment 1, but not much difference was found between the manure treatments. With the rise in manure percentage in N fertilization, the percentage of fruits set in the early-middle period decreased and the percentage of deformed fruits increased. However, in Treatment 2, the yield was the highest, being 69.9 t/hm² and the percentage of fruits set in the early-middle period also the highest, which demonstrated that 30% of manure-N in N fertilization was a proper ratio for tomato growth. With basal application of composted pig manure and chemical fertilization plus sidedressing of some chemical fertilizer, some irrigation was enough to enable the greenhouse-medium to supply adequate nutrients for tomato to grow for 107 days and yield 60.7 ~ 69.9 t/hm² of fruits.

Key words: Greenhouse medium, Fermented pig manure, Fertilizer-N proportion, Tomato yield