

徐苏萌, 高艳明, 马晓燕, 等. 不同有机肥配比对设施番茄生长、品质和基质环境的影响[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(1): 189-195.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2016.01.029

不同有机肥配比对设施番茄生长、品质和基质环境的影响

徐苏萌, 高艳明, 马晓燕, 刘宏久, 李建设
(宁夏大学农学院, 宁夏 银川 750021)

摘要: 采用 4 种不同有机肥配比, 以大果番茄妞内姆 208 和樱桃番茄瑞成 634 为试验材料, 探讨不同有机肥配比对大果番茄和樱桃番茄的生长、品质、基质酶活性与微生物数量的影响。结果表明: T2 处理[草炭: 蛭石: 有机肥(颗粒): 有机肥(粉)=2: 1: 1: 1, 体积比]可显著提高大果番茄基质中微生物数量以及脲酶、蔗糖酶、过氧化氢酶活性; t1 处理[草炭: 蛭石: 有机肥(颗粒): 有机肥(粉)+蔗糖=(2: 1: 1: 1, 体积比)+10 kg/m³]可显著提高樱桃番茄基质中微生物数量、脲酶以及过氧化氢酶活性。T2 处理的大果番茄和 t1 处理的樱桃番茄的品质较好, 但 T2 处理的大果番茄产量较 T4 处理(草炭: 蛭石=2: 1, 体积比)大果番茄产量低, t1 处理的樱桃番茄产量较 t4 处理(草炭: 蛭石=2: 1, 体积比)的樱桃番茄产量低。因此, 大果番茄采用 T2 处理、樱桃番茄采用 t1 处理可改善基质环境, 提高番茄品质。

关键词: 基质配比; 基质酶活性; 微生物数量; 品质

中图分类号: S625.5⁺4

文献标识码: A

文章编号: 1000-4440(2016)01-0189-07

Effects of different combinations of organic fertilizers on growth, quality and substrate environment of tomato

XU Su-meng, GAO Yan-ming, MA Xiao-yan, LIU Hong-jiu, LI Jian-she
(School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: Common tomato Nunhems 208 and cherry tomato Ruicheng 634 were chosen as materials to study the effects of different combinations of organic fertilizers on substrate microorganism, substrate enzymes and quality of tomato. The combination of T2(peat: vermiculite: granular organic fertilizer: powdery organic fertilizer=2: 1: 1: 1 volume ratio) significantly increased the quantity of microorganisms, activities of enzymes, including sucrase, urease and catalase, and the quality of common tomato. The combination of t1(peat: vermiculite: granular organic fertilizer: powdery organic fertilizer sucrose=(2: 1: 1: 1)+10 kg/m³) significantly elevated the quantity of microorganisms, activities of phosphatase and catalase, and the quality of cherry tomato. Common tomato yielded less by fertilization combination T2 than that by combination T4, and cherry tomato yielded less by combination t1 than that by combination t4. To summary, fertilization combination T2 for common tomato and combination t1 for cherry tomato are favorable for improving substrate environment and tomato quality.

Key words: substrate formulas; activity of enzymes; quantity of microorganism; quality of tomato

收稿日期: 2015-04-07

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2014BAD05B02); 宁夏科技支撑计划项目(201422N00)

作者简介: 徐苏萌(1990-), 女, 宁夏银川人, 硕士研究生, 研究方向为蔬菜栽培生理生态。(Email) 657922329@qq.com

通讯作者: 李建设, (Email) jslinxn@163.com

土壤酶主要有 3 种来源: 土壤中的微生物、植物根系分泌物以及动植物残体^[1], 它参与土壤中一切复杂的生化过程, 将营养物质转化为可被植物直接吸收

利用的形式^[2-3],是表征土壤肥力的重要指标。土壤微生物是土壤生态系统的重要组成部分,微生物通过硝化作用和氨化作用促进营养循环,使植物有充足的养分供给,促进植物生长^[4-5]。然而,传统土壤栽培劳动量大,土壤病害、连作障碍、土壤次生盐渍化等问题较为严重,植物受土壤不良环境因子影响大,使根系的吸收能力降低,植株长势减弱^[6]。

基质物理性状优良,具有适宜的 pH 并且通气性好,在国内外都得到普遍应用。由于单一基质理化性质难以满足作物的生长需求,在生产中应用较少。因此,采用多种基质与有机肥料配比形成复合基质,其理化性质更适宜作物生长,且经济实用^[7]。不同的有机肥配比具有不同的理化性质,对根际环境的生物数量及基质中酶活性的影响不同,从而影响植物的生长。大量的研究结果证明,有机肥可提供植株养分、增加基质有机质、促进微生物繁殖、增强基质的保水保肥能力,这些都是化肥所不能够替代的^[8-9]。因此,研究栽培基质与有机肥料的配比对园艺植物栽培有重要意义。陈双臣等发现,采用大粪干:玉米秸:锯沫或菇渣=1:2:1 的配方可以提高基质酶活性与微生物数量^[10];徐文俊的研究结果表明,稻壳:玉米秸秆:菇渣=5:2:3 可提高基质中细菌数量,玉米秸秆:麦糠:菇渣=2:5:3 可提高基质中真菌数量^[11]。

选择适宜的基质配方是获得高品质农产品的重要条件。近些年来,关于栽培基质的研究主要集中于其对作物生长发育及产量的影响,而对栽

培基质中酶活性和根际微生物的变化研究较少。因此,本试验以大果番茄和樱桃番茄为试验材料,以草炭、蛭石以及不同种类有机肥作为栽培基质,分析基质中酶活性及微生物的变化,确定最适宜的有机肥配比,从而为生产优质高产番茄奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

供试大果番茄品种为妞内姆 208(荷兰妞内姆种子有限公司生产),樱桃番茄品种为瑞成 634(台湾杰农种苗有限公司生产)。

1.2 试验设计

试验在宁夏银川市贺兰园艺产业园玻璃温室中进行,基质材料为草炭、蛭石、有机肥(颗粒)、有机肥(粉)、土、蔗糖。番茄于 2014 年 6 月 17 日育苗,7 月 7 日定植。栽植前将不同基质配方装入 90 cm×40 cm 的编织袋中,封口平放在长 17.2 m,宽 1.08 m 的畦中,共 4 畦,每畦 36 袋,双排放置,每袋栽 3 株。定植后浇灌宁夏大学研发的番茄营养液,配方见表 1 和表 2。苗期长势较弱,平均每天营养液滴灌量为 667 m² 0.48 m³,进入座果期后加大营养液量,平均每天滴灌量为 667 m² 0.68 m³。其他管理与常规生产一致。共设有 4 个有机肥(宁夏丰源生物科技有限公司生产)配方处理(表 3),采用单因素完全随机区组设计,每处理 12 个栽培袋,3 次重复。

表 1 番茄营养液中量、大量元素配方

Table 1 Concentration of macroelements in the nutrient solution for tomato

NO ₃ -N (mmol/L)	NH ₄ -N (mmol/L)	P ₂ O ₅ (mmol/L)	K ₂ O (mmol/L)	Ca (mmol/L)	Mg (mmol/L)	S (mg/L)
10.0	1.0	1.0	7.0	1.5	1.0	1.0

表 2 番茄营养液微量元素配方

Table 2 Trace element in the nutrient solution for tomato

Fe (mg/L)	B (mg/L)	Mn (mg/L)	Zn (mg/L)	Cu (mg/L)	Mo (mg/L)
3.00	0.50	0.50	0.05	0.02	0.01

1.3 指标测定

1.3.1 番茄生长指标与产量 每处理选取 12 株番茄挂牌,定植 50 d 时测定番茄的株高、茎粗、最大叶片

长和最大叶宽,叶面积采用吴远藩^[12]的方法计算。

每次采收时记载采收时期,称取每次每处理采摘的番茄质量,最后每处理所称质量数据分别相加,

即为总产量,计算单株平均产量,折合成 667 m² 产量。

1.3.2 番茄果实品质 每处理选取 10 个第 2 穗成

熟番茄于实验室测定品质。可溶性固形物采用数显糖量计测定,总糖采用蒽酮法,有机酸采用滴定法,V_c 采用钼蓝比色法测定^[13]。

表 3 供试基质配方

Table 3 The fertilization combinations of the substrate

番茄	处理	基质组分	配比
大果番茄	T1	[草炭:蛭石:有机肥(颗粒):有机肥(粉)]+蔗糖	(2:1:1:1)+10 kg/m ³
	T2	草炭:蛭石:有机肥(颗粒):有机肥(粉)	2:1:1:1
	T3	草炭:蛭石:有机肥(颗粒)	2:1:0.5
	T4	草炭:蛭石	2:1
樱桃番茄	t1	[草炭:蛭石:有机肥(颗粒):有机肥(粉)]+蔗糖	(2:1:1:1)+10 kg/m ³
	t2	草炭:蛭石:有机肥(颗粒):有机肥(粉)	2:1:1:1
	t3	草炭:蛭石:有机肥(颗粒)	2:1:0.5
	t4	草炭:蛭石	2:1

有机肥有机质≥45%,N+P₂O₅+K₂O≥5%。基质组分配比为体积比。

1.3.3 基质微生物数量 在番茄定植期、座果期和拉秧期,分别取基质样过 2 mm 筛,保存于 4 ℃ 冰箱中。细菌采用牛肉膏蛋白胨培养基测定,真菌采用马丁孟加拉红-链霉素培养基测定,放线菌采用改良高氏 1 号培养基测定。均采用稀释平板计数法计数^[14]。

1.3.4 基质酶活性 在番茄定植期、现蕾期、开花期、盛果期和拉秧期,分别取基质样进行自然风干,过 1 mm 筛。脲酶活性采用苯酚-次氯酸钠比色法测定,蔗糖酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定,碱性磷酸酶活性采用磷酸苯二钠比色法测定,过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法^[15]测定。

2 结果与分析

2.1 不同有机肥配比对番茄生长及产量的影响

由表 4 可知,定植 50 d 后不同有机肥配比处理对番茄生长及产量有显著影响。大果番茄株高、茎粗、平均单果质量和 667 m² 产量表现 T4 处理显著高于其他处理;叶面积各处理间差异不显著。樱桃番茄株高、茎粗和平均单果质量表现 t4 处理显著高于其他处理;t3 处理和 t4 处理的叶面积高于 t1 和 t2 处理;667 m² 产量为t4>t3>t1>t2, t3 处理和 t4 处理显著高于 t1 和 t2 处理。T4 处理和 t4 处理分别对大果番茄和樱桃番茄的生长及产量有积极作用。

表 4 不同有机肥配比对番茄生长、产量的影响

Table 4 Effects of different organic fertilization combinations on the growth and yield of tomato

番茄	处理	株高 (cm)	茎粗 (mm)	叶面积 (cm ²)	叶绿素 (SPAD 值)	平均单果质量 (g)	667 m ² 产量 (kg)
大果番茄	T1	137.58c	7.40c	635.23a	53.23c	82.32ab	4 782.13b
	T2	142.75b	8.01b	703.84a	56.16bc	78.65b	5 178.08b
	T3	143.67b	8.07b	688.29a	59.97a	73.87b	4 659.38c
	T4	149.00a	8.80a	720.00a	56.83b	94.22a	5 952.70a
樱桃番茄	t1	152.08b	6.91c	509.55b	62.72a	12.06b	1 826.02b
	t2	142.83b	7.11bc	511.73b	62.52a	11.47b	1 617.78b
	t3	152.67b	7.22b	620.67a	64.21a	12.20b	2 029.79ab
	t4	167.83a	8.01a	604.85a	61.62a	14.88a	2 515.28a

T1、T2、T3、T4、t1、t2、t3、t4 见表 3;同一列数据后相同番茄处理间不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。

2.2 不同有机肥配比对番茄品质的影响

由表 5 可知,不同有机肥配比对番茄品质的影响较为明显。大果番茄的可溶性固形物、 V_c 和总糖 3 个指标, T1 和 T2 处理均显著高于 T3 和 T4 处理, 有机酸 T1 和 T4 处理显著低于 T2 和 T3 处理。樱桃

番茄 t1 处理的可溶性固形物、总糖、有机酸和 V_c 含量均显著高于 t4。t1 与 t2 处理的可溶性固形物、有机酸和 V_c 含量差异不显著。由此可以看出, T2 处理可提高大果番茄的品质; t1 处理对提高樱桃番茄的品质有重要意义。

表 5 不同有机肥配比对番茄品质的影响

Table 5 Effects of different organic fertilization combinations on fruit quality of tomato

番茄	处理	可溶性固形物 (%)	总糖 (%)	有机酸 (%)	V_c 含量 (mg/kg)
大果番茄	T1	7.20a	7.58a	0.47b	42.46a
	T2	7.13a	8.21a	0.56a	46.59a
	T3	5.07b	5.14b	0.57a	23.42b
	T4	4.43b	4.96b	0.39b	18.01b
樱桃番茄	t1	12.73a	9.57a	0.51a	41.37a
	t2	12.50a	9.23b	0.46ab	46.52a
	t3	11.30a	6.74c	0.45b	34.62b
	t4	9.30b	6.15d	0.42b	33.81b

T1、T2、T3、T4、t1、t2、t3、t4 见表 3; 同一列数据后相同番茄处理间不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。

2.3 不同有机肥配比对番茄基质根际微生物的影响

由表 6 为可以看出,不同有机肥配比处理的番茄基质根际微生物在番茄的各个生育期内变化明显,且基质中微生物数量总体呈现细菌>放线菌>真菌。

各个处理细菌数量均呈现先增高后降低的趋势,在盛果期达到最大值。在整个番茄生育期内, T1 和 T2 处理的细菌数量明显高于 T3 和 T4 处理, t1 和 t2 处理的细菌数量明显高于 t3 和 t4 处理,且大果番茄盛果期 T2 处理的细菌数量最高可达 61.47×10^7 CFU/g(干基质),比 T3 和 T4 分别提高 113.66% 和 273.68%,樱桃番茄盛果期 t1 处理的细菌数量最大达 49.51×10^7 CFU/g 干基质,比 t3 和 t4 处理提高 72.45% 和 191.24%。说明 T2 处理有利于大果番茄基质中细菌的繁殖, t1 处理有利于樱桃番茄基质中细菌的繁殖。此外,定植期各处理之间差异显著,可能是因为有机肥在腐熟过程中细菌大量繁殖,使基质配料本身携带大量微生物。

真菌可分解基质中的有机质,为植株提供营养物质,是评价土壤环境的重要指标^[16]。表 6 中各个处理的真菌数量从定植期到盛果期不断升高,然后逐渐下降。在整个生育期内,大果番茄 T2 处理的真菌数量最多,最高达到 28.57×10^5 CFU/g(干基质),樱桃番茄的 t1 处理的真菌数量最多,最高达到 19.75×10^5 CFU/g(干基质),且大果番茄 T1 和 T2

处理的真菌数量显著高于 T3 和 T4 处理。樱桃番茄在盛果期 t1 和 t2 处理的真菌数量显著高于 t3 和 t4 处理。可见, T2 处理有利于大果番茄基质中真菌的繁殖; t1 处理有利于樱桃番茄基质中真菌的繁殖。

放线菌可同化无机氮,分解碳水化合物和腐殖质等物质。有些放线菌还能产生抗生素,有利于改善土壤环境和防治植物病害^[17]。表 6 显示,各处理放线菌数量在盛果期达到最大值。在番茄的整个生育期内,大果番茄 T2 处理的放线菌数量最多,达到 39.83×10^5 CFU/g(干基质),其次是 T1 处理。樱桃番茄 t2 处理的放线菌数量最多,达到 71.43×10^5 CFU/g(干基质),t1 处理次之。由此得出, T2 处理可提高大果番茄基质中放线菌数量, t2 处理可提高樱桃番茄基质中放线菌数量。

2.4 不同有机肥配比对基质酶活性的影响

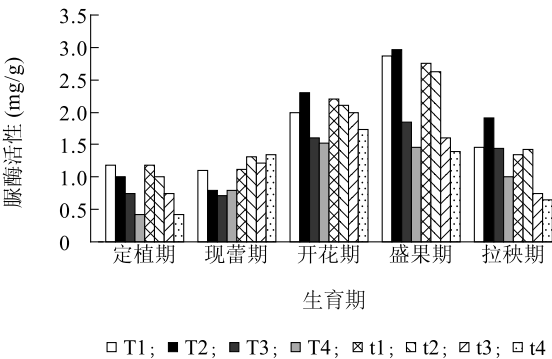
脲酶是一种存在于大多数细菌、真菌和高等植物里的酰胺酶,它的酶促反应产物氨是植物的氮源之一,其活性可以表示土壤的氮素状况^[18]。由图 1 可知,番茄基质脲酶活性随番茄的生长发育呈先升高后降低的趋势,盛果期达到最大,之后逐渐下降。盛果期大果番茄 T2 处理的脲酶活性显著高于其他处理;盛果期樱桃番茄 t1 处理的脲酶活性显著高于其他处理。可见, T2 处理可提高大果番茄基质的脲酶活性, t1 处理可提高樱桃番茄基质的脲酶活性。

表 6 不同基质中微生物的数量

Table 6 The microbial biomass in different substrates

番茄	处理	细菌 ($\times 10^7$ CFU/g,干基质)			真菌 ($\times 10^5$ CFU/g,干基质)			放线菌 ($\times 10^6$ CFU/g,干基质)		
		定植期	盛果期	拉秧期	定植期	盛果期	拉秧期	定植期	盛果期	拉秧期
大果番茄	T1	21.65a	58.00b	6.75a	8.00a	27.71a	11.26b	14.29a	34.19b	17.35b
	T2	18.61b	61.47a	6.93a	8.34a	28.57a	20.30a	14.69a	39.83a	23.80a
	T3	14.72c	28.77c	5.19b	7.79a	11.69b	3.46c	6.00b	7.79c	0.87c
	T4	10.39d	16.45d	4.33c	8.05a	11.69b	4.32c	1.57c	2.75d	0.87c
樱桃番茄	t1	21.65a	49.51a	6.06a	8.00a	19.75a	3.90a	14.29a	51.95b	19.48b
	t2	18.61b	46.83b	5.84a	8.34a	19.31a	1.30c	14.69a	71.43a	32.90a
	t3	14.72c	28.71c	2.16b	7.79a	7.27b	2.60b	6.00b	6.49c	1.32c
	t4	10.39d	17.00d	1.26c	8.05a	8.18b	3.89a	1.57c	2.17d	1.73c

T1、T2、T3、T4、t1、t2、t3、t4 见表 3;同一列数据后相同番茄处理间不同小写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$)。



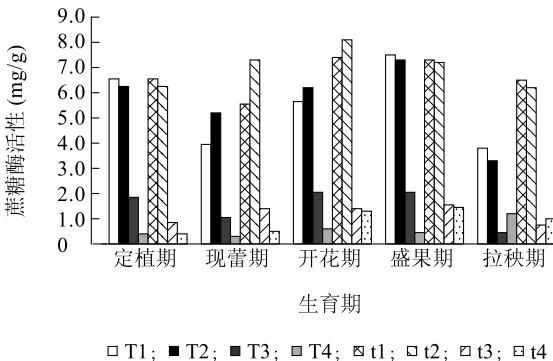
T1、T2、T3、T4、t1、t2、t3、t4 见表 3。

图 1 不同有机肥配比基质脲酶活性随番茄生育期的变化

Fig.1 Changes of the urease the substrates with different organic fertilization combinations during development of tomato

蔗糖酶使蔗糖转化为土壤中易溶性营养物质,有利于植物吸收。蔗糖酶活性可反映土壤有机碳积累、分解与转化的规律,可作为评价土壤肥力的指标^[19-20]。图 2 反映了不同有机肥配比下大果番茄和樱桃番茄各个生育期基质蔗糖酶活性的变化情况,可以看出,大果番茄每个生育期 T1 和 T2 处理的蔗糖酶活性明显高于 T3 和 T4 处理,樱桃番茄每个生育期 t1 和 t2 处理的蔗糖酶活性明显高于 t3 和 t4 处理。蔗糖酶活性呈先上升后降低的趋势,大果番茄基质蔗糖酶活性的峰值出现在盛果期,而樱桃番茄基质的蔗糖酶活性则出现在开花期。方差分析结果表明:大果番茄 T2 处理的蔗糖酶活性显著高于其他处理,樱桃番茄 t2 处理的蔗糖酶活性显著高于其他处理。因此, T2 处理可提高大果番茄基质的蔗

糖酶活性,t2 处理可提高樱桃番茄基质的蔗糖酶活性。

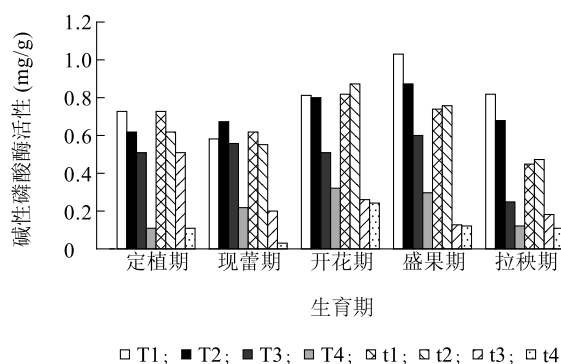


T1、T2、T3、T4、t1、t2、t3、t4 见表 3。

图 2 不同有机肥配比基质蔗糖酶活性随番茄生育期的变化

Fig.2 Changes of the sucrose in the substrates with different organic fertilization combinations during development of tomato

土壤中大部分磷是以有机磷的形式存在,磷酸酶可以将有机磷水解为利于植物吸收的形式,其活性表示土壤对植物供应有效磷的能力^[21]。由图 3 可以看出,碱性磷酸酶在番茄整个生育期呈先升高后降低的变化规律。大果番茄的各个处理在盛果期达到峰值,T1 处理的碱性磷酸酶含量比 T4 处理高 0.73 mg/g,且各处理之间差异显著。樱桃番茄碱性磷酸酶则在开花期达到最大,t2 处理的磷酸酶含量比 t4 处理高 0.63 mg/g,各处理间差异显著。由此说明,T1 处理可提高大果番茄基质中碱性磷酸酶活性;t2 处理有利于提高樱桃番茄基质中磷酸酶活性。



T1、T2、T3、T4、t1、t2、t3、t4 见表 3。

图 3 不同有机肥配比基质碱性磷酸酶活性随番茄生育期的变化

Fig.3 Changes of the phosphatase in the substrates with different organic fertilization combinations during development of tomato

过氧化氢酶是参与生物呼吸代谢的一种重要氧化还原酶,同时可以分解在呼吸过程中产生的对植物根系有害的过氧化氢^[22]。从图 4 可以看出过氧化氢酶活性在大果番茄和樱桃番茄整个生育期内没有明显变化。方差分析结果表明,大果番茄 T2 处理过氧化氢酶活性显著高于 T1、T3 和 T4 处理,樱桃番茄 t1 和 t2 处理过氧化氢酶活性显著高于 t3 和 t4 处理。可见,T2 处理可使大果番茄基质中过氧化氢酶活性维持较高水平,t1 处理可提高樱桃番茄基质中过氧化氢酶活性,改善基质生物环境。

2.5 基质微生物数量与酶活性的相关性分析

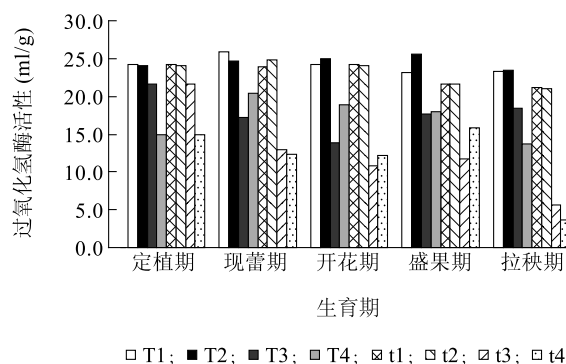
由表 7 可以看出,不同有机肥配比基质的酶活性与微生物数量均呈极显著正相关,说明基质中的微生物与酶活性的关系密不可分。

表 7 基质微生物数量与酶活性之间的相关系数

Table 7 The correlation coefficients between soil microbial biomass and soil enzyme activity

微生物	脲酶	蔗糖酶	碱性磷酸酶	过氧化氢酶
细菌	0.828 **	0.954 **	0.916 **	0.814 **
真菌	0.652 **	0.893 **	0.906 **	0.928 **
放线菌	0.558 **	0.807 **	0.774 **	0.654 **

** 表示极显著相关。



T1、T2、T3、T4、t1、t2、t3、t4 见表 3。

图 4 不同有机肥配比基质过氧化氢酶活性随番茄生育期的变化

Fig.4 Changes of the catalase in the substrates with different organic fertilization combinations during development of tomato

3 结论

本试验结果表明,处理 T1、T2、t1 和 t2 可明显改善大果番茄和樱桃番茄的根际基质环境,基质中 4 种酶活性均呈现先升高后降低趋势。大果番茄根际微生物数量以 T2 处理最高,且 T2 处理可明显提高大果番茄基质脲酶、蔗糖酶和过氧化氢酶活性,而基质碱性磷酸酶以 T1 处理最高。樱桃番茄的根际微生物(细菌和真菌)数量以 t1 处理最高,t1 处理增加了樱桃番茄基质中脲酶和过氧化氢酶活性,基质碱性磷酸酶和蔗糖酶则以 t2 处理最高。经分析,基质中的酶活性和微生物数量呈极显著正相关。但 T1、T2 处理的大果番茄产量较 T4 处理低,t1、t2 处理的樱桃番茄的产量较 t4 处理低。就品质而言,T2 处理有利于大果番茄果实中 V_c 、可溶性固形物、有机酸和总糖的积累,t1 处理可显著增加樱桃番茄果实中可溶性固形物、有机酸和总糖的含量。因此,大果番茄采用 T2 处理(草炭:蛭石:颗粒有机肥:粉末有机肥=2:1:1:1,体积比),樱桃番茄采用 t1 处理[草炭:蛭石:颗粒有机肥:粉末有机肥:蔗糖=(2:1:1:1)+10 kg/m³]可改善番茄基质环境,提高番茄品质。

参考文献:

- [1] 杨万勤,王开运.土壤酶研究动态与展望[J].应用环境生物学报,2002,8(5):564-570.
- [2] 毛雪飞,吴羽晨,张家洋.重金属污染对土壤微生物及土壤酶活性影响的研究进展[J].江苏农业科学,2015,43(5):7-12.

- [3] 徐 雁,向成华,李贤伟.土壤酶的研究概况[J].四川林业科技,2010,31(2):14-20.
- [4] 孟焕文,徐文俊,程智慧,等.有机基质中微生物数量随番茄生育期的变化[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2011,39(9):152-158.
- [5] 杨敬天,胡进耀,张 涛,等. 珙桐土壤微生物数量及其与土壤因子的关系[J]. 江苏农业科学,2014,42(1): 278-281.
- [6] 马 丽,戚媛娜,张 锐,等. 不同基质配比对草莓根际微生物的影响[J].湖北农业科学,2014,53(7):1551-1553.
- [7] 王新右.不同配方栽培基质对日光温室黄瓜生长与生理的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2013.
- [8] 张 鹏,贾志宽,路文涛,等. 不同有机肥施用量对宁南旱区土壤养分、酶活性及作物生产力的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(5):1122-1130.
- [9] 刘亚柏,刘伟忠,郭建,等. 几种有机肥在有机桃树(拂晓)上的应用效果[J]. 江苏农业学报,2014,30(6):1531-1533.
- [10] 陈双臣,刘爱荣,贺超兴,等.有机土栽培和土壤栽培番茄根际基质微生物和酶活性的比较[J].土壤通报,2012,41(4):815-818.
- [11] 徐文俊.以稻壳为主要原料的番茄栽培基质配方筛选[D].杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [12] 吴远藩.量叶片的长和宽计算番茄叶面积[J].农业科技通讯,1980(12):20-21.
- [13] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [14] 李阜棣,喻子牛,何绍江.农业微生物学实验技术[M].北京:中国农业出版社,1996.
- [15] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.
- [16] 刘艳鹏.不同肥料类型对基质中微生物、酶和番茄生长的影响[D].北京:中国农业科学院,2007.
- [17] 孙艳艳,蒋桂英,刘建国,等.加工番茄连作对农田土壤酶活性及微生物区系的影响[J].生态学报,2010,30(13):3599-3607.
- [18] 孙瑞莲,赵秉强,朱鲁生,等.长期定位施肥对土壤酶活性的影响及其调控土壤肥力的作用[J].植物营养与肥料学报,2003,9(4):406-410.
- [19] 马宁宁.设施番茄根围土壤的微生物特性研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2013.
- [20] 田永强,曹之富,张雪艳,等.不同农艺措施下温室土壤酶活性的动态变化及其相关性分析[J].植物营养与肥料学报,2009,15(4):857-864.
- [21] 孙 权.农业资源与环境质量分析方法[M].银川:宁夏人民出版社,2004.
- [22] 邱现奎,董元杰,万勇善,等.不同施肥处理对土壤养分含量及土壤酶活性的影响[J].土壤,2010,42(2):249-255.

(责任编辑:陈海霞)