

酵素堆肥对海南冬季辣椒生长的影响

范鹤龄¹, 陆建明¹, 孙雪冰¹, 朱清¹, 黄小龙², 李长江¹, 张荣萍¹

(1. 海南大学热带作物学院 海口 570228; 2. 海南大学生命科学与药学院 海口 570228)

摘要: 为了揭示酵素堆肥对辣椒在海南冬季生长发育的影响, 于 2015—2018 年冬季在海口, 采用盆栽方式, 研究了酵素堆肥的不同原材料和不同施用量及生物有机肥种类对辣椒生长的影响。结果表明, 施用花生秸秆和玉米秸秆制作的酵素堆肥的辣椒鲜果质量均大于普通有机肥对照, 分别增产 29.60% 和 10.96%; 总鲜果质量随有机肥施用量的增多而提高, 高酵素(60%施用量)处理的总鲜果质量比传统化肥提高 92.1%; 生物有机肥的种类对鲜果质量及其相对生长率的影响程度最显著, 酵素处理总鲜果质量比海南有机肥处理高 24%。研究表明, 在海南冬季使用酵素堆肥可以促进辣椒植株和果实生长发育, 促进物质积累、运转和分配, 实现稳产高产, 酵素堆肥以 60% 的施用量和花生秸秆材料为最佳。

关键词: 辣椒; 酵素堆肥; 冬季; 生长

中图分类号: S641.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2022)03-070-06

Effect of microbe compost on pepper growth during winter season in Hainan

FAN Heling¹, LU Jianming¹, SUN Xuebing¹, ZHU Qing¹, HUANG Xiaolong², LI Changjiang¹, ZHANG Rongping¹

(1. College of Tropical Crops, Hainan University, Haikou 570228, Hainan, China; 2. School of Life and Pharmaceutical Sciences, Hainan University, Haikou 570228, Hainan, China)

Abstract: Pot experiments were conducted to evaluate the effect of microbe compost, raw materials of the compost and amount of compost used on pepper growth and development during winter seasons of 2015 to 2018 in Hainan. Pepper fresh weight grown on compost made from peanut and corn straw were 29.60% and 10.96% higher than that grown on conventional organic fertilizer. Fruit fresh weight of pepper grown in high volume (60%) of microbe compost was 92.1% higher than that grown with common chemical fertilizer. Microbe compost significantly improve pepper fruit weight and plant growth, the fruit weight was 24% higher than that grown with normal organic fertilizer on the market in Hainan. The best result can be expected from peanut straw microbe compost at the rate of 60%.

Key words: Pepper; Microbe compost; Winter; Growth

辣椒(*Capsicum annuum* L.), 茄科辣椒属, 是海南省重要的冬季果菜作物。辣椒在生长发育过程中如遇 15℃ 以下低温会对辣椒造成危害^[1]。有研究指出, 在低温和弱光环境下, 辣椒植株的田间农艺性状, 如壮苗指数、鲜质量、叶面积等指标均有所下降^[2-3], 辣椒的叶绿素含量、净光合速率降低, 酶的活性下降, 光合产物的运输减缓, 导致辣椒生长缓慢^[4-5]。

有机肥能丰富土壤微生物的生长和繁殖, 可以提升土壤肥力, 改善植物的土壤生态环境^[6-7]。岛本

微生物农法指出, 在作物种植过程中使用人工添加酵素菌制作的有机肥, 可以提高作物的健壮程度, 增强植株不良气候下的抵抗能力^[8]。有研究表明酵素堆肥改善了作物生长的土壤生态环境^[9], 增强了水稻作物的健壮程度, 对水稻的产量和品质有显著提高^[10-11]。酵素的本质是利用植物源和动物残留物等有机废弃物发酵而成的堆肥或发酵液, 含有营养成分、代谢活性物质与有益微生物菌群, 是具有多元复合功能的生态产品, 是实现现代农业发展需求, 实现零农药、零化肥、零污染、生态系统良性循

收稿日期: 2021-06-07; 修回日期: 2021-11-14

基金项目: 海南大学世界一流学科建设经费(RZZX201909); 国家自然科学基金(31760365)

作者简介: 范鹤龄, 男, 在读硕士研究生, 研究方向为热带作物优质抗逆栽培。E-mail: 664580513@qq.com

通信作者: 张荣萍, 女, 副教授, 研究方向为热带作物栽培与耕作。E-mail: zhangrp75@163.com

环的理想方式。

海南省得天独厚的气候资源,使其冬季瓜果蔬菜的供应地位举足轻重。海南虽然地处热带,但冬季仍可受北方冷空气影响。每年1—2月,在南下冷空气和南方暖湿气流共同影响下,会出现持续较长时间的低温、阴雨、寡照天气^[12]。2008年冬季长期低温导致海南省农作物受灾面积约 $12 \times 10^5 \text{ hm}^2$,造成农业直接经济损失达7.961亿元^[13]。关于酵素堆肥对海南辣椒低温期植株生长的影响研究报道较少。因此,笔者拟研究酵素堆肥对海南辣椒低温期促进植株生长发育的效果,将为海南省冬季辣椒种植实现高产、稳产、优质生产奠定基础。

1 材料与方方法

1.1 材料

从2015年9月至2018年3月,9—10月育苗,3年采用的辣椒品种分别是螺丝椒(苏润螺丝王,江苏苏润种业有限公司)、柿椒(美国西元椒,广西横县子龙种业有限公司)、线椒(丰源8号,旭冉农业有限公司)。试验地为海南大学海甸校区校内实践教学基地。

供试肥料有:羊粪有机肥由石家庄市丰厂生物有机肥科技有限公司提供,有机质含量 $\geq 45\%$ 、 $\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5+\text{K}_2\text{O}$ 含量 $\geq 5\%$;海南亿洋有机肥为海南亿洋出产的宝岛沃源-全效活性肽有机肥,有机质含量 $\geq 45\%$ 、 $\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5+\text{K}_2\text{O}$ 含量 $\geq 5\%$;日本有机肥为日本中部 Ecotec 株式会社旗下的千代田生物有机肥,有机质含量 $\geq 40\%$ 、 $\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5+\text{K}_2\text{O}$ 含量 $\geq 10\%$ 。酵素菌菌种:粉剂由昆明邦特生物工程技术有限公司生产,有效活性 $\geq 0.50 \text{ 亿} \cdot \text{g}^{-1}$ 。酵素堆肥,参考岛本微生物有机肥的配比,使用植物(花生秸秆、玉米秸秆、椰糠)和动物粪便(羊粪)制作而成^[8]。化肥为 $m_{\text{氮}}:m_{\text{磷}}:m_{\text{钾}}=15:15:15$ 复合肥,由河北硅谷肥业有限公司生产。土壤调理微生物菌剂由北京清大元农生物科技有限公司(以下简称北京菌)提供。枯草芽孢杆菌等微生物菌剂,由山东绿陇生物技术有限公司(以下简称山东菌)提供。

1.2 方法

盆栽:20 cm \times 20 cm \times 20 cm 塑料盆,每个处理21盆,3次重复,每次重复7盆,完全随机设计。自制营养土($V_{\text{沙子}}:V_{\text{普通砖红壤}}=1:1$),有机质含量1.69%,pH 7.5。

试验 A:2015年9月至2016年5月,设计花生(花生秸秆制作的酵素堆肥)、玉米(玉米秸秆制作

的酵素堆肥)、椰糠(椰糠制作的酵素堆肥)、CK(普通有机肥)(以上施用比例均为体积比50%)、CK 60%(普通有机肥的体积比为60%),共5个处理。采用底施方式,统一追肥和灌溉。

试验 B:2016年9月至2017年4月,设计高酵素(酵素堆肥60%)、低酵素(酵素堆肥30%)、传统(化肥)、羊粪(羊粪有机肥30%)、空白(清水,对照)5个处理。统一追肥和灌溉。

试验 C:2017年9月至2018年4月,设计壳寡糖浓度、生物有机肥种类和微生物菌剂种类的三因素三水平的正交试验,试验设计如表1,壳寡糖三个浓度0、0.5、1 g \cdot 株⁻¹(分别将1 g壳寡糖稀释800、400倍,一株灌施400 mL),有机肥种类为酵素(酵素堆肥)、海南(海南亿洋有机肥)、日本(日本有机肥),微生物菌剂的种类为北京菌(2 g \cdot 株⁻¹)、空白、山东菌(0.2 g \cdot 株⁻¹),一共9个处理,不同生物有机肥按50%用量进行底施,于移栽缓苗期进行壳寡糖和微生物菌剂处理,统一追肥和灌溉。

表1 辣椒3因素3水平正交试验设计表 $L_9(3^3)$

水平	因素		
	A 壳寡糖/(g \cdot 株 ⁻¹)	B 生物有机肥	C 微生物菌剂
1	0.0	酵素	北京
2	1.0	海南亿洋	空白
3	0.5	日本有机肥	山东

1.3 有效积温计算

有效积温模型(GDD),主要考虑温度条件。GDD是日平均气温与作物发育下限温度之差的累计值,计算式为^[14]:

$$T_{\text{avg}} = \begin{cases} \frac{T_x + T_n}{2} & T_{\text{min}} \leq T_{\text{avg}} \leq T_{\text{max}} \\ T_{\text{max}} & T_{\text{max}} \leq T_{\text{avg}} \\ T_{\text{min}} & T_{\text{avg}} \leq T_{\text{min}} \end{cases} \quad (1)$$

式中, T_{avg} 为日平均气温($^{\circ}\text{C}$), T_x 为日最高气温($^{\circ}\text{C}$), T_n 为日最低气温($^{\circ}\text{C}$), T_{max} 和 T_{min} 分别为辣椒结果期的生物学上下限温度。辣椒正常开花结果的生物学上限温度为 30°C ,生物学下限温度为 15°C ^[15]。每日气温获取来自天气网(www.tianqi.com)。根据以上模型,计算辣椒每个结果阶段的有效积温用于试验数据分析。

1.4 植株生长指标测量

在辣椒结果期,果实成熟后,连续收获,摘下测量所有植株的鲜果质量,用电子秤计算单株鲜果质量,并在不同时期用直尺测量其株高、茎粗,计算相对生长率(公式2)。最后一次收果后,取全部植株,

计算累计鲜果质量。将植株分部位 105 ℃ 杀青, 80 ℃ 烘干, 测量其干物质质量, 计算经济系数(公式 3)。

$$\text{相对生长速率}/\% = \frac{(\ln W_2 - \ln W_1)}{t_2 - t_1} \times 100; \quad (2)$$

$$\text{经济系数}/\% = \frac{\text{经济产量 (干质量)}}{\text{生物产量 (干质量)}} \times 100. \quad (3)$$

t_1 、 t_2 分别为 2 次间隔的时间, W_1 、 W_2 分别为 2 次间隔时间的生长指标^[16]。

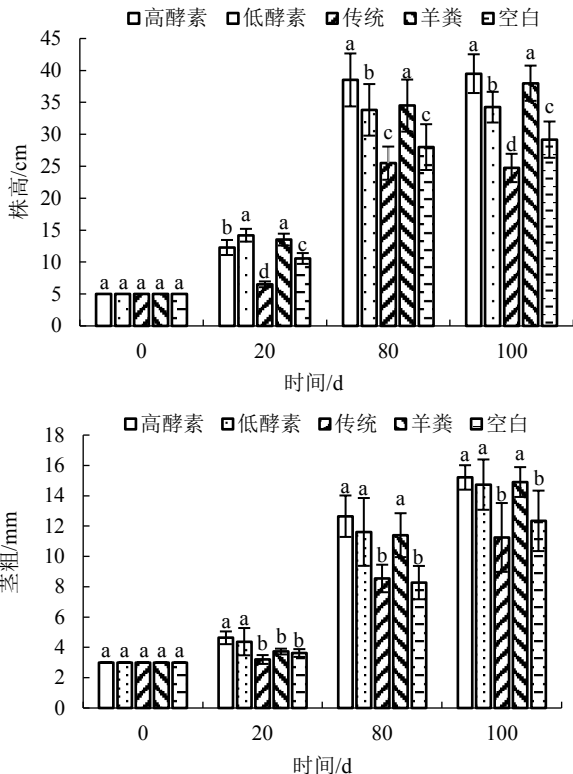
1.5 数据处理

数据处理及作图使用 Excel 2007, 使用 SPSS 20 进行差异显著性分析, 并进行邓肯氏多重比较分析, 线性回归的差异性检验使用 GraphPadPrism 8。

2 结果与分析

2.1 酵素堆肥对辣椒营养生长以及物质积累的影响

2.1.1 酵素堆肥对辣椒株高和茎粗的影响 由图 1 可以看出, 与传统化肥和空白处理相比, 酵素堆肥对辣椒的株高、茎粗有显著影响。在 2016—2017 年的酵素施用量试验中, 第 77~87 天经历了大降温后, 高酵素、低酵素、传统、羊粪、空白处理株高的相对生长率 (RGR) 依次为 0.13%、0.06%、-0.15%、



注: 不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

图 1 不同酵素施用量对辣椒植株生长发育的影响(试验 B)

0.48%、0.20%, 传统化肥处理 $RGR < 0$, 出现萎焉现象, 其他处理均 > 0 ; 第 100 天时高酵素、低酵素、羊粪处理的株高均显著高于传统化肥处理。第 100 天时高酵素和低酵素处理辣椒茎粗分别为 15.21、14.73 mm, 均显著高于传统化肥处理, 分别比传统化肥处理提高 35.17% 和 30.96%。

由表 2 可知, 在该正交试验中, 生物有机肥种类均对株高、茎粗有显著影响; 生物有机肥种类中, 酵素处理的辣椒最矮壮(酵素堆肥、海南肥和日本肥的茎粗/株高依次为 0.025、0.022、0.021)。研究表明酵素处理能够使辣椒植株在低温期更加强壮。

表 2 壳寡糖、生物有机肥和微生物菌剂三因素对辣椒生长发育的正交试验结果分析(试验 C)

项目	水平	因素		
		壳寡糖	生物有机肥	微生物菌剂
株高/cm	1	46.47 a	35.63 c	42.60 b
	2	38.59 b	45.02 b	47.94 a
	3	45.86 a	50.27 a	40.39 b
	极差 R	7.88	14.64	7.55
	P 值	0.001	0.001	0.001
茎粗/cm	1	0.97 a	0.89 c	0.96 a
	2	0.97 a	0.99 b	0.99 a
	3	0.97 a	1.04 a	0.97 a
	极差 R	0.007 1	0.153 7	0.027 2
	P 值	0.940 8	0.000 1	0.467 1

2.1.2 酵素堆肥对辣椒物质积累及转运的影响

由图 2 可以看出, 试验 A 中, 全生育期单株总干生物质量为 CK 60% > CK > 花生源 > 玉米源 > 椰糠源, 单株总果干质量为: CK 60% > CK > 玉米源 > 花生源 > 椰糠源, 相同施用量下的经济系数为玉米源 (57.22%) > CK 60% (57.10%) > 椰糠源 (50.02%) > 花生源 (48.12%) > CK (44.42%)。试验 B 中, 高酵素、低酵素、传统、羊粪、空白处理的累计单株总干物质质量依次为 79.18、58.62、41.54、46.75、22.80 $g \cdot 株^{-1}$, 单株总果干质量依次为 57.29、47.15、31.57、26.87、12.19 $g \cdot 株^{-1}$, 经济系数依次为 72.35%、80.43%、76.00%、57.48%、53.46%。由此可见, 试验 A 和 B 各处理经济系数均表现出酵素处理最高, 表明酵素处理有利于辣椒植株的有机物向花果运转, 增加了鲜果质量, 经济系数随有机肥施用量的增大而增大, 有利于辣椒植株物质的积累和运转, 实现高产稳产。

2.2 酵素堆肥对辣椒在温度变化下鲜果质量的影响

2.2.1 酵素堆肥种类对辣椒鲜果质量的影响 由图 3 可知, 试验 A 中, 花生源、玉米源、椰糠源、CK、

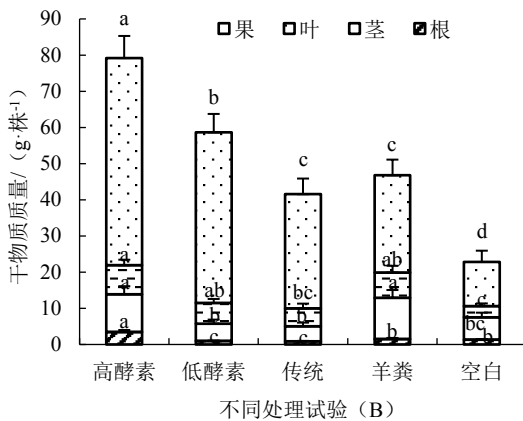
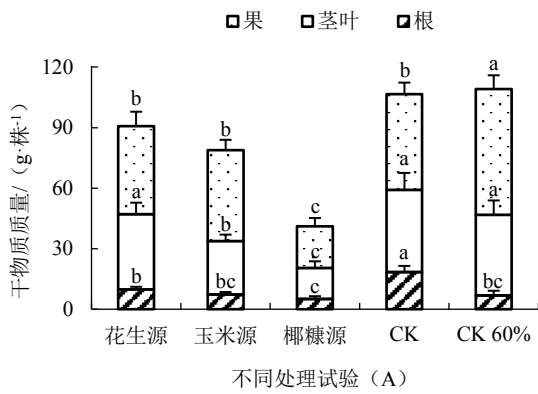


图2 酵素堆肥对辣椒干物质积累的影响

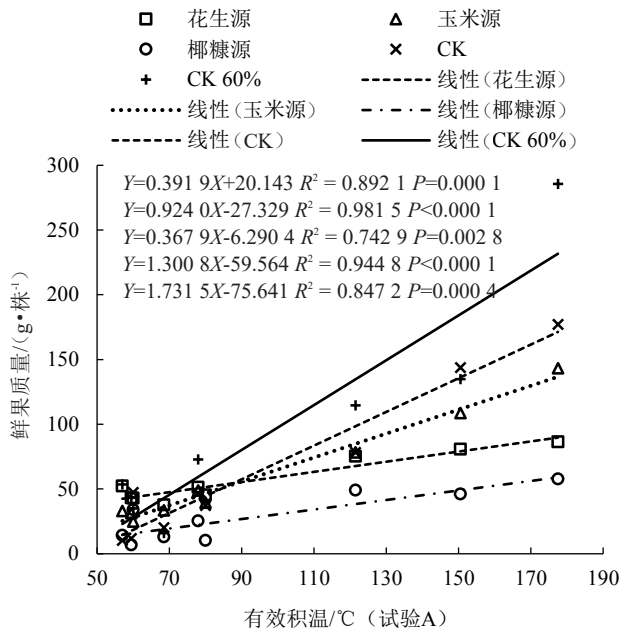


图3 不同酵素秸秆种类下辣椒鲜果质量与有效积温之间的线性关系

CK 60%的单株鲜果质量与有效积温有正相关关系,经检验后差异水平极显著。酵素堆肥处理的鲜果质量随有效积温的变化而缓慢变化,当有效积温在 85.5 °C 以下时花生秸秆和玉米秸秆制作的酵素

堆肥的鲜果质量大于普通有机肥对照。由图 4 试验 A 可知,低温期(第 38~第 142 天)花生源、玉米源、椰糠源、CK、CK 60%的累计鲜果质量分别为 445.65、381.57、184.51、343.87、454.22 g·株⁻¹。花生源和玉米源分别比 CK 增产 29.60%和 10.96%。

2.2.2 酵素堆肥施用量对辣椒鲜果质量的影响在图 4 试验 B 中,辣椒源在第 77~第 87 天,气温从 26.5 °C 急速将至 14 °C,降幅 12.5 °C,低酵素处理、羊粪处理和空白处理的鲜果质量均随之大幅降低,而高酵素处理的鲜果质量继续升高,相对增长率 2.45%。高酵素、低酵素、传统、羊粪和空白处理的累计总鲜果质量依次为 796.81、634.99、414.75、

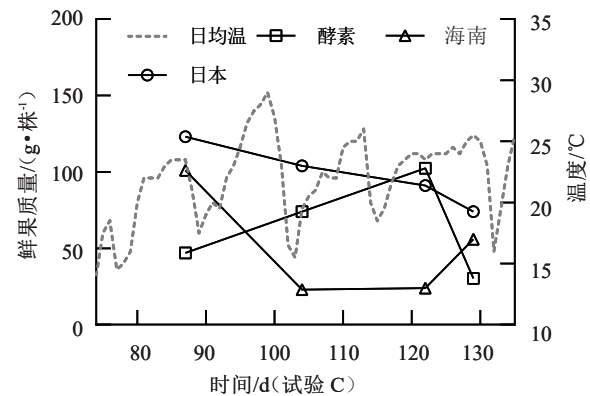
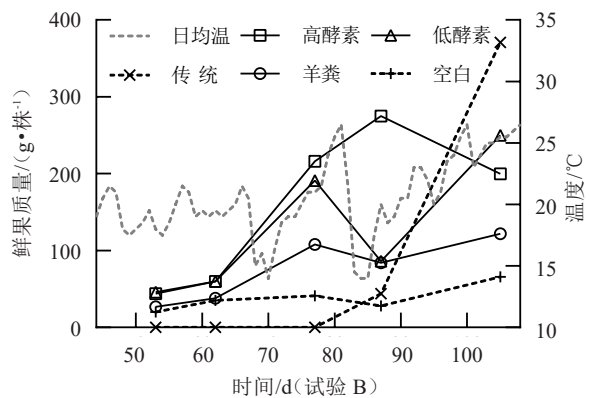
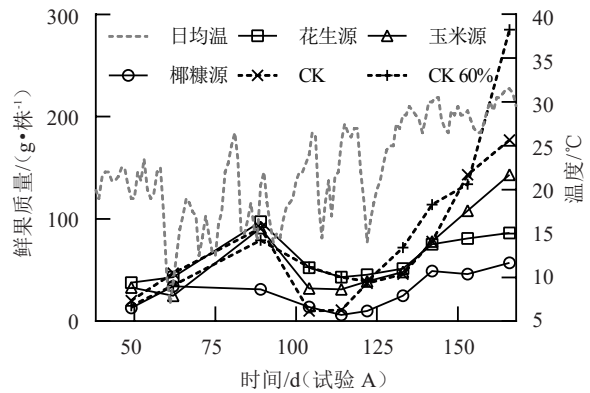


图4 酵素堆肥对辣椒在低温期鲜果质量变化的影响

381.90、192.20 g·株⁻¹,分别比空白增产 314.59%、230.39%、115.80%、98.71%,高酵素和低酵素分别比传统化肥增产 92.12%、53.10%;高酵素比低酵素增产 25.49%。

2.2.3 生物有机肥种类对辣椒鲜果质量的影响在图 4 试验 C 中,生物有机肥的种类仍是影响最大的因素(表 3),第 87~第 104 天,日平均温度在 15~30 ℃ 之间大幅升降,酵素处理的果实 RGR 为 2.66% > 0,其他处理的 RCR < 0,鲜果质量均下降,酵素处理的累计总鲜果质量居中,比海南有机肥高 23.95%。研究结果综合表明,酵素处理的辣椒在低温期能够稳产甚至高产,其产量与酵素原材料的种类和酵素施用量有关。

表 3 壳寡糖、生物有机肥和微生物菌剂三因素对辣椒鲜果质量的正交试验结果分析(试验 C)

项目	水平	因素		
		壳寡糖	生物有机肥	微生物菌剂
总鲜果质量/ (g·株 ⁻¹)	1	253.18 a	253.60 b	241.67 b
	2	298.97 a	204.60 b	324.11 a
	3	299.98 a	393.93 a	286.35 ab
	极差 R	46.81	189.32	82.44
	P 值	0.187 5	0.016 8	0.088 3
RGR/%	1	-1.85 a	2.66 a	-1.22 a
	2	-2.66 a	-8.71 c	-3.31 a
	3	-2.54 a	-1.00 b	-2.52 a
	极差 R	0.81	11.37	2.09
	P 值	0.568 0	0.007 5	0.184 7

注:果实的 RGR 为第 87~第 104 天的数值。

3 讨论与结论

笔者主要连续 3 年研究了酵素堆肥对辣椒在海南冬季生长对营养生长及鲜果质量变化的影响。酵素菌具有极强的分解能力,能快速地分解土壤中的有机质,可以为更多的微生物的生存提供条件,丰富的土壤微生物数量,增加土壤的微生物群落数量^[17-18]。王继红等^[19]研究表明,酵素菌肥能够一定程度增加土壤中的细菌总量和放线菌总量。孙雨浓等^[20]研究表明,环保酵素对菠菜施用后能够不同程度提高其过氧化物酶 POD、超氧化物歧化酶 SOD、过氧化氢酶 CAT 活性。已有研究表明酵素会影响土壤微生物群落以及提高作物抗逆性相关酶活性,从而提高作物的抗逆性^[21]。

相关关系分析表明,酵素堆肥处理的辣椒鲜果质量受有效积温的影响较小,有效积温 85.5 ℃ 以下时,花生秸秆和玉米秸秆制作的酵素堆肥的鲜果质

量大于普通有机肥对照,低温期分别增产 29.60%和 10.96%;辣椒的鲜果质量相对生长率和总鲜果质量随酵素堆肥施用量的增多而增大,酵素堆肥 60%施用量的总鲜果质量比传统化肥高 92.12%;壳寡糖、生物有机肥种类和生物菌剂种类中,生物有机肥种类对株高、茎粗、总鲜果质量和相对生长率的影响程度均最大、最显著,在生物有机肥中,酵素堆肥是较优肥料,其低温期的果实相对生长率远大于海南肥和日本肥,总鲜果质量比海南有机肥处理高 23.95%。纪晓文等^[22]研究表明,对玉米喷施酵素后,株高增加了 4%,茎粗增加了 8.9%。张士勇等^[23]研究表明,使用酵素堆肥进行番茄种植后,茎粗增加 4.8%,增产 25.04%,酵素处理后的叶霉病、脐腐病几乎没有发生,抗病力明显增强。文廷刚等^[24]对红椒施用不同浓度的酵素菌,结果发现施用酵素菌后,株高提高 3.6%~7.2%,茎粗提高 5.9%~14.4%,产量提高 2.0%~2.5%,并且其叶绿素含量和土壤酶活性都有一定程度的提高,酵素菌能够通过活化土壤来促进作物的营养生长和提高产量。张桂芳^[25]研究表明,果树在施用了酵素堆肥后,减少了冻干枝,单株增产 39.84%,表明酵素堆肥在增加作物抗逆性的同时达到了增产的效果。这与笔者的研究结果有一定的相似性,酵素均能提高作物产量和增加作物的株高和茎粗等生长指标。

综上所述,在相同施用量下(体积比 30%),酵素堆肥能够促进辣椒植株生长发育和物质积累,并且增加产量,施用体积比为 60%时效果更佳;不同酵素堆肥材料中花生秸秆的效果最佳,在海南冬季中亦能促进物质积累及转运,增加产量。本试验为酵素堆肥在辣椒低温季节种植提供了理论依据。

参考文献

- [1] 顾建明,郁继华,黄高宝,等.持续低温弱光及之后光强对辣椒幼苗光抑制的影响[J].农业工程学报,2008,24(5):231-234.
- [2] 李静.低温弱光下辣椒叶片中类胡萝卜素组分的变化及其与品种耐性的关系研究[D].兰州:甘肃农业大学,2018.
- [3] HARTLEY I P, ARMSTRONG A F, MURTHY R, et al. The dependence of respiration on photosynthetic substrate supply and temperature: integrating leaf, soil and ecosystem measurements[J]. Global Change Biology, 2006, 12(10): 1954-1968.
- [4] 常静,郭磊,巩在武.低温弱光胁迫对辣椒叶片生理特性和光合特性的影响[J].江苏农业科学,2017,45(10):113-116.
- [5] 聂书明,杜中平,王丽慧,等.低温弱光对辣椒叶片光合特性和生理特性的影响[J].西南农业学报,2016,29(10):2319-2323.
- [6] LI X L, ZENG Q, LI H L, et al. Effects of bio-organic fertilizer with antagonistic bacteria against tobacco bacterial wilt on soil microbial communities and disease resistance of tobacco[J].

- Agricultural Biotechnology, 2015, 4(6): 61-65.
- [7] 任凤玲,张旭博,孙楠,等.施用有机肥对中国农田土壤微生物量影响的整合分析[J].中国农业科学,2018,51(1):119-128.
- [8] 岛本邦彦.岛本微生物农业应用法[M].日本:日本磐亚株式会社,1996.
- [9] 范鹤龄,王浩晨,陈伟益,等.酵素对热区土壤理化性状和作物生长的影响[J].中国农学通报,2021,37(22):76-83.
- [10] 胡成成,陈林,赵双玲,等.酵素菌肥对膜下滴灌水稻产量及品质的影响[J].中国稻米,2017,23(5):84-85.
- [11] 黄涛,吴良欢,贾惠娟,等.应用酵素菌肥的有机和传统栽培稻米品质比较研究[J].中国稻米,2009,15(5):19-21.
- [12] 朱白婢,周曼,肖日新.海南省主要气象灾害对蔬菜生产的影响及防御措施[J].长江蔬菜,2016(1):55-56.
- [13] 王佩芸.2008年海南省长低温阴雨天气主要成因及其预报[J].气象研究与应用,2010,31(2):22-25.
- [14] 苏李君,刘云鹤,王全九.基于有效积温的中国水稻生长模型的构建[J].农业工程学报,2020,36(1):162-174.
- [15] 聂启军,邱正明,刘可群.基于生育期模型的鄂西南高山地区辣椒种植研究[J].中国农学通报,2015,31(7):49-54.
- [16] 李发奎,李金霞,孙小妹,等.黑果枸杞茎叶生长及其生态化学计量特征对灌水施肥的响应[J].干旱区研究,2020,37(2):452-461.
- [17] COTXARRERA L, TRILLAS-GAY M I, STEINBERG C, et al. Use of sewage sludge compost and *Trichoderma asperellum* isolates to suppress *Fusarium* wilt of tomato[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2002, 34(4): 467-476.
- [18] ZHAO Q Y, DONG C X, YANG X M, et al. Biocontrol of *Fusarium* wilt disease for *Cucumis melo* melon using bio-organic fertilizer[J]. Applied Soil Ecology, 2011, 47(1): 67-75.
- [19] 王继红,王秋利,杨帆,等.酵素菌肥对栽参土壤生物学性质的影响[J].东北林业大学学报,2008,36(7):40-41.
- [20] 孙雨浓,李光耀,张欣雨,等.环保酵素对菠菜幼苗生理生化指标影响的研究[J].园艺与种苗,2017(5):4-7.
- [21] 赵秋多.富硒农用酵素的制备及其对障碍性土壤的修复机制[D].哈尔滨:东北农业大学,2021.
- [22] 纪晓文,刘德山,杨海文,等.微生物酵素在玉米生产上的应用试验报告[J].吉林农业,2014(11):28.
- [23] 张士勇,刘忠智,张树槐.酵素菌堆肥在保护地番茄上的应用效果[J].微生物学杂志,2003,23(4):63.
- [24] 文廷刚,郭小山,吴传万,等.酵素菌对温室红椒生长发育和根际土壤环境的影响[J].中国农学通报,2015,31(7):55-60.
- [25] 张桂芳.高效活性酵素菌肥在果树栽培上的应用[J].牡丹江师范学院学报(自然科学版),2014(2):33-34.