

生物菌肥对青椒生长、产量及品质影响研究*

席静^{1,2}, 李绍香^{1,2}, 徐雷欣^{1,2}, 刘芝梅^{1,2},
王涛^{1,2}, 牛燕芬^{1,2**}, 殷莉清^{1,2}

(1. 昆明学院 农学与生命科学学院 云南特色资源植物智慧农业工程研究中心, 云南 昆明 650214;
2. 昆明学院 农学与生命科学学院 云南省高校都市型现代农业工程研究中心, 云南 昆明 650214)

[摘要] 为研究不同浓度生物菌肥对温室青椒生长、产量及品质的影响, 以羊角椒和牛角椒为供试材料, 设置200倍(X200)、400倍(X400)、600倍(X600)、800倍(X800)的生物菌肥稀释处理, 在青椒成熟期测量其形态、产量、光合色素和品质指标。结果表明, 与清水对照组(CK)相比, 生物菌肥对温室青椒的生长、产量及品质具有积极的影响。其中, X200处理对2个青椒品种的品质促进效果最明显, 羊角椒的株高、叶绿素a含量、叶绿素b含量、总叶绿素含量、类胡萝卜素含量分别达77.33 cm, 3.23 mg/L, 2.50 mg/L, 5.04 mg/L, 0.84 mg/L, 牛角椒分别达76.68 cm, 5.03 mg/L, 1.65 mg/L, 7.80 mg/L, 1.34 mg/L。与CK相比, 羊角椒的产量、果皮厚度、维生素C含量分别提高176.84%, 56.84%和38.10%, 牛角椒分别提高103.04%、21.40%和94.74%。此外, 在4种稀释浓度的生物菌肥处理下, 2个品种青椒的粗纤维含量均下降。综上, X200处理对青椒生长、产量及果实品质的促进效果显著。

[关键词] 生物菌肥; 青椒; 产量; 品质

[中图分类号] S641.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1674-5639(2024)03-0116-08

DOI: 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2024.03.016

青椒是家常蔬菜, 富含维生素C、蛋白质、矿物质、膳食纤维等营养物质^[1], 具有驱寒除湿、增强食欲、预防感冒等功效^[2], 有较高的经济价值, 在我国被广泛种植^[3,4]。但在实际生产中, 青椒的种植存在化肥施用过度、果实品质下降、连作障碍严重等问题, 影响作物的营养品质和经济效益^[5,6]。

解决上述问题的重要途径之一是采用新型肥料。生物菌肥作为一类新型肥料, 具有促进作物生长^[7]、提高作物品质^[8]和生态效益^[9]等优点。这是由于生物菌肥能够分解有机物、释放作物所需的营养物质, 提高土壤中的氮、磷、钾等元素含量, 为作物的生长提供充足的营养^[10,11]。此外, 生物菌肥还能增加土壤团粒结构, 提高土壤保水保肥能力^[12], 从而促进作物生长及其光合色素合成。再者, 生物菌肥中的微生物能抑制一些病害及虫害的发生^[13], 促进土壤生态系统的健康发展^[14,15], 加快植物代谢转化^[16], 是替代化肥的优异选择^[17]。

有研究表明, 生物菌肥对番茄^[18]、黄瓜^[19]、花椰菜^[20]、辣椒^[10]等蔬菜的生长、品质及光合特性等方面具有促进作用。尤其是青椒, 李艾兰等^[21]人发现, 生物菌肥能显著促进青椒的生长、缩短坐果时间、延长生育期时间以及提高产量, 这为生物菌肥在实际生产中的广泛应用提供了有力支撑。然而, 市售生物菌肥一般价格较高, 大规模施用则必然增加了农业生产成本。阎世江^[6]等人研究发现, 将菌肥与化肥进行配施可降低施用成本, 具有广阔的应用市场。尽管如此, 关于将生物菌肥稀释后施用于青椒的研究尚未见报道。

* [收稿日期] 2023-10-23

[作者简介] 席静, 女, 贵州毕节人, 昆明学院在读硕士研究生, 研究方向为资源利用与植物保护。

** [通信作者] 牛燕芬, 女, 云南宣威人, 昆明学院副教授, 研究方向为废弃物资源利用, E-mail: niuyanfen2004@126.com.

[基金项目] 云南省大学生创新创业训练计划项目(S202211393056)。

据此, 本文拟试验不同稀释倍数的生物菌肥对 2 个常见品类青椒 (羊角椒和牛角椒) 生长、产量和品质的影响, 以期寻找适宜青椒生长的生物菌肥浓度, 为生物菌肥在青椒生产的低成本应用提供参考.

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2022 年 3 月—7 月在云南省昆明学院洋浦校区农学与生命科学学院日光温室大棚 (102°47'E, 24°58'N) 中进行. 试验地平均海拔 1 924 m, 年平均气温 15 ℃, 年降水量 1 035 mm, 全年光照时数 2 200 h, 地势平整, 土壤类型为红壤.

1.2 试验材料

1) 供试对象为羊角椒和牛角椒, 品种分别为贝宁羊角椒和贝宁牛角椒, 其种子均购自寿光市寿益种业公司.

2) 生物菌肥为昆明学院特色生物资源团队实验室制作. 具体方法为: 将白菜和苹果残渣切碎后, 按白菜和苹果残渣: 糖蜜: 水 (质量比) = 3:1:1 装入塑料桶中, 混匀并留出 25% 的发酵空间, 拧紧桶盖, 并将其置于室温环境下发酵 60 d.

1.3 试验设计

育苗后, 待幼苗长到 10 cm 时, 选取长势均匀的健壮幼苗移栽到温室小区中. 每个试验设计 4 个浓度处理, 即将生物菌肥稀释 200 倍 (X200)、400 倍 (X400)、600 倍 (X600)、800 倍 (X800) 分别用于浇灌每个品种下的既定小区. 每个处理设 1 个小区, 每个小区种植 9 棵青椒苗, 2 个品种青椒共设置 10 个小区. 每个小区面积为 10 m², 小区间距 40 cm, 小区内植株设株距 30 cm, 行距 40 cm. 在青椒幼苗移栽到成活后第 7 d, 每株青椒施 200 mL 生物菌肥, 之后不再进行追肥. 在青椒成熟期, 每个小区随机选择 4 株青椒测定株高、茎粗、冠幅、主根长、根冠比、叶面积、果数、果质量、果长、果皮厚度、粗纤维、光合色素含量、维生素 C 含量.

1.4 检测指标与方法

1) 株高、冠幅和根冠比的测定

株高、主根长用卷尺 (cm) 测量; 冠幅用卷尺测定青椒横向生长 2 个叶片顶部伸展最大距离; 茎粗用游标卡尺 (mm) 测量土壤向上 1 cm 位置处的直径; 根冠比用电子秤称量地上部鲜质量及地下部鲜质量, 按地下部鲜质量除以地上部鲜质量计算.

2) 结果数、单果质量、果长的测定

统计单株青椒植株上结果的数量; 单果质量用电子秤称量; 果长用直尺 (cm) 测量; 果皮厚度用游标卡尺 (mm) 测量.

3) 总产量的计算

每个小区随机选择植株 3 棵, 测定单株果质量平均值, 之后将单株果质量乘上小区内的 9 棵植株为小区产值, 最后根据小区的产值折算成每 hm² 的产量.

4) 光合色素的测定

取成熟期青椒植株顶端第 2 片叶子, 用 1.5 cm 打孔器取两个叶碟, 80% 丙酮提取后, 用紫外分光光度计分别在波长 470, 647, 663 nm 下测定吸光值后进行计算^[22].

5) 粗纤维、维生素的测定

粗纤维按照《植物类食品中粗纤维的测定》(GB/T 5009.10—2003)^[23]的方法测定; 维生素用 2, 6-二氯酚酚滴定法^[24]测定.

1.5 数据分析

使用 WPS Office 2015 软件对试验数据进行整理; 用 SPSS 16.0 软件进行单因素方差 (ANOVA) 分析和显著性 (LSD) 检验, 同时采用皮尔逊系数 (Pearson) 对青椒生长和品质之间的指标进行相关性分析. 采用 Origin 2021 软件进行绘图.

2 结果与分析

2.1 生物菌肥对青椒植株形态的影响

不同稀释浓度生物菌肥对羊角椒和牛角椒的形态影响如表1所示。从表1可见, X200能够促进青椒的株高增长, 其余处理则对青椒株高产生抑制作用。X200处理下的羊角椒株高较CK增加9.95%, 牛角椒株高增加5.29%。然而, 在X400、X600、X800处理下, 青椒的株高均呈现下降趋势, 羊角椒株高较CK分别降低11.20%、22.12%、8.86%, 牛角椒株高较CK分别降低2.77%、14.47%、7.02%。这一结果表明, 生物菌肥若过度稀释, 将不利于青椒株高的增长。因此, 在实际运用中, 需精准控制生物菌肥的施用浓度, 以确保其能够最优化地发挥促进青椒生长的作用。

在生物菌肥的作用下, 青椒的茎粗、根冠比、主根长及冠幅都有所增加。其中茎粗和根冠比的增长率在X800处理下达到最高, 羊角椒增长率分别达到22.64%和27.45%, 牛角椒增长率分别达到18.73%和100%; 主根长度的增长率在X600处理下最高, 羊角椒达20.38%, 牛角椒达43.39%, 但在X400处理下羊角椒的主根长较CK减少; 冠幅的增长率在X200处理下最高, 羊角椒达49.95%, 牛角椒达54.86%。表明生物菌肥对青椒的茎粗、根冠比、主根及冠幅具有积极的作用。

综上, X200处理对青椒的形态生长较为有利, 而良好的生长发育是实现青椒高产优产的前提。

表1 不同处理下青椒植株形态数据

品类	处理	株高/cm	茎粗/cm	主根长/cm	冠幅/cm	根冠比
羊角椒	CK	70.33 ± 1.01 ^b	9.32 ± 0.37 ^c	5.25 ± 0.40 ^{bc}	43.14 ± 4.49 ^c	0.051 ± 0.001 ^c
	X200	77.33 ± 1.63 ^a	11.15 ± 0.45 ^{a^c}	5.47 ± 0.14 ^b	64.69 ± 0.87 ^a	0.056 ± 0.003 ^{bc}
	X400	62.45 ± 1.81 ^c	10.11 ± 0.31 ^{bc}	5.46 ± 0.24 ^b	60.55 ± 0.59 ^{ab}	0.053 ± 0.003 ^c
	X600	54.77 ± 1.42 ^d	9.73 ± 0.56 ^c	6.32 ± 0.30 ^a	54.53 ± 0.59 ^b	0.059 ± 0.002 ^b
	X800	64.17 ± 3.59 ^c	11.43 ± 0.85 ^c	4.71 ± 0.57 ^c	54.45 ± 5.31 ^b	0.065 ± 0.003 ^a
牛角椒	CK	72.97 ± 1.81 ^{ab}	9.45 ± 0.52 ^c	6.20 ± 0.85 ^c	44.37 ± 4.62 ^b	0.051 ± 0.001 ^d
	X200	76.83 ± 3.47 ^a	11.10 ± 0.31 ^a	6.62 ± 0.36 ^{bc}	68.71 ± 0.42 ^a	0.062 ± 0.002 ^c
	X400	70.95 ± 4.47 ^{ab}	10.86 ± 0.18 ^{ab}	6.75 ± 0.34 ^{bc}	63.19 ± 6.31 ^a	0.081 ± 0.001 ^b
	X600	62.41 ± 2.16 ^c	10.41 ± 0.13 ^b	8.89 ± 0.74 ^a	68.28 ± 1.69 ^a	0.081 ± 0.001 ^b
	X800	67.85 ± 2.49 ^{bc}	11.22 ± 0.59 ^{ab}	7.83 ± 0.63 ^{ab}	66.10 ± 4.73 ^a	0.102 ± 0.001 ^a

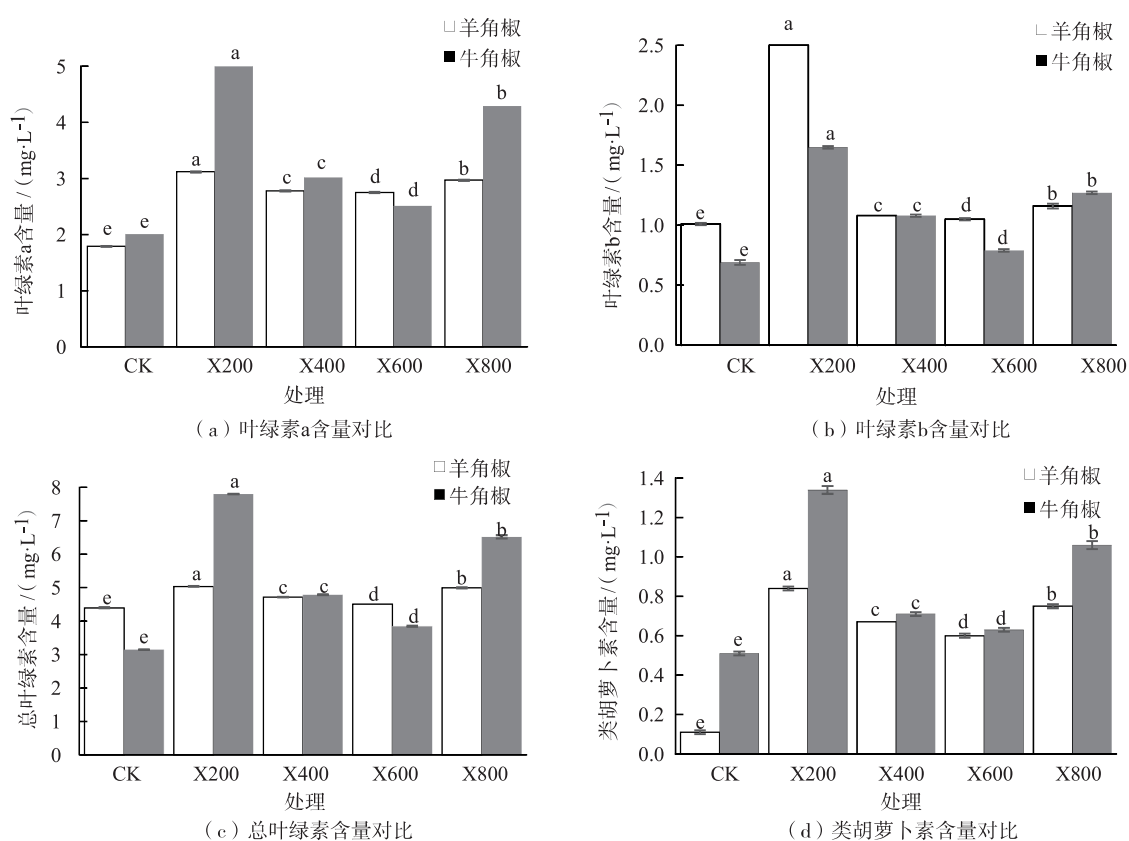
注: 同一品类同列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 下表同。

2.2 生物菌肥对青椒光合色素的影响

图1展示了不同稀释浓度生物菌肥对羊角椒和牛角椒光合色素的影响。可见, 相较于CK, 生物菌肥显著提高了青椒叶片中各类光合色素的含量, 并且在不同处理间表现出显著差异。其中, 叶绿素a、叶绿素b、总叶绿素以及类胡萝卜素的含量在X200处理下达到最高, 羊角椒的含量分别达到3.12、2.50、5.04、0.84 mg/L, 牛角椒的含量则分别达到5.03、1.65、7.80、1.34 mg/L。这表明生物菌肥的应用有利于增加青椒植株体内光合色素的含量, 为其光合作用的增强奠定了基础。

2.3 生物菌肥对青椒产量的影响

不同稀释浓度生物菌肥对羊角椒和牛角椒的产量影响如表2所示。从表2可以看出, 相较于CK, X200处理下的青椒各项产量指标表现最佳, 且随着生物菌肥稀释程度的增加呈现下降趋势。在生物菌肥的作用下, 青椒的大部分产量指标均较CK处理有所增加, 这表明生物菌肥对青椒产量的提高具有一定的促进作用。尽管生物菌肥的稀释浓度从X200到X400或从X600到X800时, 青椒的单株果质量和总产量呈下降趋势, 但各处理间的差异并不显著。值得一提的是, 羊角椒和牛角椒的总产量在X200处理时达到最高值, 相较于CK处理分别提高了176.84%和103.04%。综上, X200处理较其他处理对提高青椒的产量具有较为积极的作用。



注: 不同小写字母表示同一品类不同处理间差异显著 ($P < 0.05$), 下同。

图1 不同处理下青椒叶片光合色素含量对比

表2 不同处理下青椒产量对比

品类	处理	单株结果/个	单株果质量/g	单果长/cm	总产量/(t·hm ⁻²)
羊角椒	CK	4.33 ± 0.57 ^d	633.60 ± 126.73 ^b	9.78 ± 0.15 ^c	5.70 ± 1.14 ^b
	X200	10.33 ± 0.57 ^a	1753.52 ± 279.94 ^a	12.92 ± 0.38 ^a	15.78 ± 2.52 ^a
	X400	9.33 ± 1.16 ^{ab}	1553.84 ± 55.23 ^a	11.28 ± 0.73 ^b	13.98 ± 0.50 ^a
	X600	8.67 ± 0.57 ^b	702.20 ± 75.92 ^b	10.28 ± 0.27 ^c	6.32 ± 4.60 ^b
	X800	7.00 ± 0.00 ^c	466.96 ± 39.95 ^b	9.62 ± 0.32 ^c	4.22 ± 2.97 ^b
牛角椒	CK	9.33 ± 0.58 ^c	633.61 ± 24.02 ^b	11.60 ± 0.20 ^d	5.93 ± 0.22 ^b
	X200	18.33 ± 0.58 ^a	1338.04 ± 115.37 ^a	16.34 ± 0.09 ^a	12.04 ± 1.04 ^a
	X400	17.33 ± 2.52 ^{ab}	1193.87 ± 213.44 ^a	15.11 ± 0.26 ^c	10.74 ± 1.92 ^a
	X600	15.67 ± 0.57 ^b	872.24 ± 101.11 ^b	15.51 ± 0.02 ^b	7.85 ± 0.91 ^b
	X800	10.00 ± 1.00 ^c	684.95 ± 51.62 ^b	10.17 ± 0.06 ^e	6.12 ± 0.33 ^b

2.4 生物菌肥对青椒品质的影响

由图2可见, 与CK相比, 生物菌肥对青椒的粗纤维含量具有抑制作用, 而对果皮厚度和维生素C含量有促进作用。具体而言, CK处理下的羊角椒和牛角椒粗纤维质量分数分别为29.67%和27.17%, 果皮厚度分别为2.34 mm和4.30 mm, 维生素C含量分别为20.05, 11.78 mg/(100 g)。值得注意的是, 随着生物菌肥处理浓度的下降(X200、X400、X600、X800), 羊角椒和牛角椒的粗纤维质量分数均呈现下降趋势, 分别较CK减少了26.96%, 27.54%, 17.16%, 25.28%以及25.47%, 23.30%, 14.72%, 21.79%。综合比较分析结果显示, 青椒品质在X200处理下效果最佳。与CK相比, X200处理下, 羊角椒的果皮厚度及维生素C分别提高56.84%和38.10%; 牛角椒的果皮厚度及维生素C分别提高21.40%和94.74%。这表明, 相较于其他浓度生物菌肥处理, X200处理的青椒品质表现最佳。另外, X200处理

下的生物菌肥对青椒叶绿素 a/b 的比值产生了显著影响, 与其他处理相比, 其比值呈现居中的特点. 这表明, 在该处理下, 生物菌肥对叶绿素 a 和叶绿素 b 的调节效应适中, 并未显著地促进单一叶绿素 a 或叶绿素 b 的合成, 显示出一种相对均衡的调控作用. 然而, 在 X400、X600、X800 处理下, 生物菌肥对羊角椒的叶绿素 a/b 比值的影响并不明显.

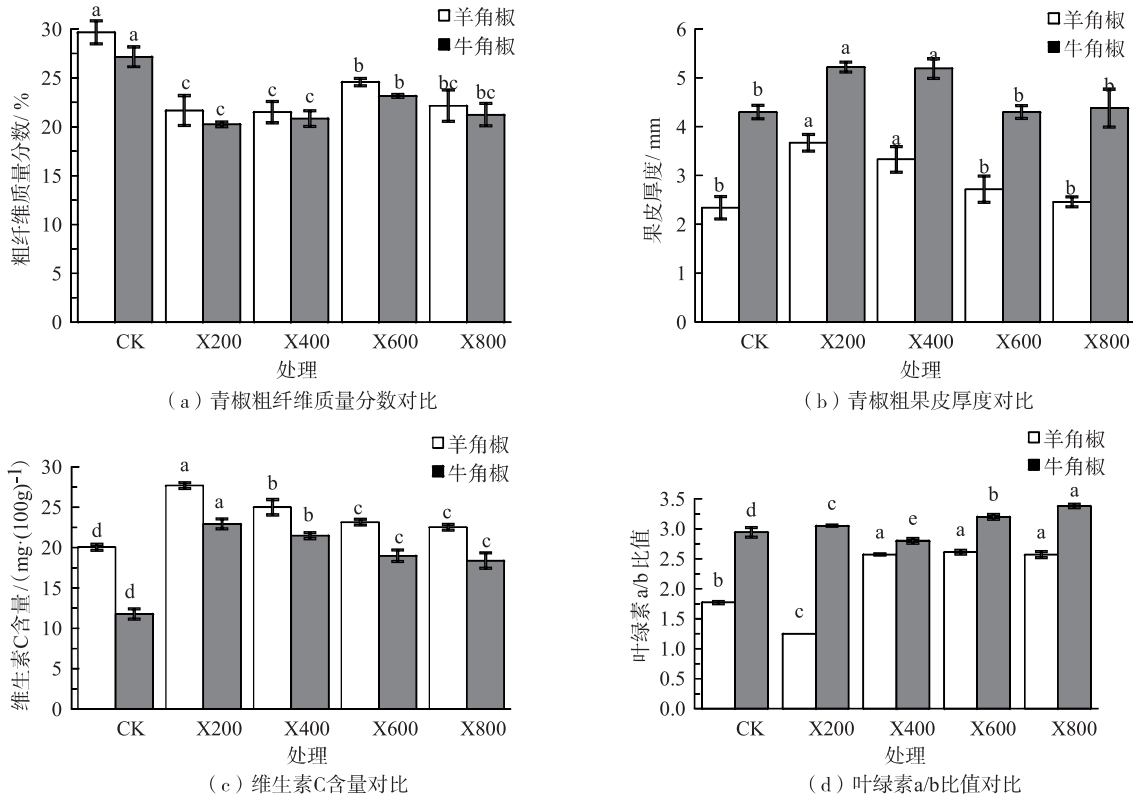


图2 不同处理下青椒叶片光合色素含量对比

2.5 青椒生长指标与品质相关性

青椒的各项生长指标与品质指标间的相关系数详见表3. 可见, 果皮厚度、粗纤维质量分数、维生素C含量分别与冠幅及茎粗达到显著水平. 其中, 羊角椒的维生素C、果皮厚度分别与冠幅呈显著正相关关系, 相关系数分别为0.970、0.901; 粗纤维与冠幅呈显著负相关关系, 相关系数为-0.917; 果皮厚度与维生素C含量呈显著正相关关系, 相关系数为0.960. 牛角椒的维生素C含量分别与茎粗、冠幅呈显著正相关关系, 相关系数分别为0.907、0.884; 粗纤维与茎粗呈负相关关系, 相关系数为-0.958. 上述结果表明这些品质指标与生长指标之间存在密切的关系, 进一步强调了生长过程对品质的关注和调控的重要性.

表3 青椒植株形态与品质的相关性分析

品类	指标	相关性系数							
		株高	茎粗	主根长	冠幅	根冠比	粗纤维质量分数	果皮厚度	维生素C含量
羊角椒	维生素C含量	0.340	0.550	0.183	0.970**	0.035	-0.799	0.960**	1
	果皮厚度	0.390	0.348	0.226	0.901*	-0.238	-0.678	1	
	粗纤维质量分数	0.032	-0.753	0.081	-0.917*	-0.465	1		
	根冠比	-0.323	0.687	-0.239	0.190	1			
	冠幅	0.172	0.623	0.130	1				
	主根长	-0.462	-0.530	1					
	茎粗	0.338	1						
	株高	1							

续表 3

品类	指标	相关性系数							
		株高	茎粗	主根长	冠幅	根冠比	粗纤维质量分数	果皮厚度	维生素 C 含量
牛角椒	株高	1							
	茎粗	-0.189	1						
	主根长	-0.908*	0.459	1					
	冠幅	-0.280	-0.962*	0.593	1				
	根冠比	-0.604	-0.704	0.650	0.615	1			
	粗纤维质量分数	-0.090	-0.958*	-0.186	-0.877	-0.555	1		
	果皮厚度	0.626	0.476	-0.471	0.373	-0.138	-0.685	1	
	维生素 C 含量	0.100	0.907*	0.188	0.884*	0.359	-0.950*	0.762	1

注：“*”表示同一品类的两个指标之间相关性显著 ($P < 0.05$), “**”表示同一品类的两个指标之间相关性极显著 ($P < 0.01$).

3 讨论与结论

青椒的形态和光合色素含量能直观反映青椒的发育状况, 也是其产量物质积累和品质前体物质转化的基础^[25]. 本试验发现, 生物菌肥对 2 个品种青椒植株形态和光合色素含量具有提升作用, 且其中 X200 处理下作用效果最明显. 这与人将生物菌肥作用在辣椒^[26]、甘薯^[27]、番茄^[25]、猕猴桃^[28]等作物上的结果相似, 说明生物菌肥在各类作物栽培生产中具有较好的适用性. 在菌肥过度稀释的情况下, 部分指标的表现甚至低于清水处理. 这一现象可能归因于菌肥中的微生物需要维持在一个特定的浓度范围内, 以保持其最佳的活性状态^[29,30]. 具体的作用机理仍需要进一步深入探究. 因此, 在施用菌肥时, 需控制其稀释比例, 防止稀释后浓度过低.

产量和品质直接影响青椒的经济效益^[31]. 本试验中, 在生物菌肥处理下, 青椒产量总体有所增加, 且在 X200 处理下效果最为明显. 这与青椒光合色素含量增加的结果相契合, 进一步证明稀释 200 倍生物菌肥对青椒产量的提高具有促进作用. 本试验结果还表明, 施用生物菌肥后, 青椒的果皮厚度和维生素 C 含量有所增加, 仍然是以 X200 处理下的效果为最好. 叶绿素 a/b 的比值在 X200 处理下较为均衡, 这表明该处理下的青椒颜色不会过于偏向红色或绿色, 从而在外观上具有较好的色泽. 粗纤维含量虽有所下降, 但从口感方面来评价, 粗纤维的减少利于增加青椒爽脆多汁的口感, 也是品质提升的体现. 这表明适宜浓度的生物菌肥有利于提高青椒产量和品质, 从而提高经济效益.

青椒植株形态是其适应环境, 进行光合作用的重要手段^[13,30], 也是提高品质的重要基础. 本试验将青椒的生长和品质指标进行相关性分析. 结果表明, 青椒果皮厚度、粗纤维质量分数、维生素 C 含量与冠幅、茎粗之间的相关性显著. 适宜的生物菌肥浓度能够促进青椒冠幅和茎粗的增长, 从而影响青椒品质. 其中 X200 处理下青椒的冠幅最大, 既能提高青椒的营养成分, 又能增加青椒口感. 但青椒生长和品质的相关性会受到如土壤、气候、品种、水肥管理等因素的影响, 为了提高生物菌肥的利用率及青椒的品质, 需要综合考虑这些因素, 并采用科学的管理方法进行种植.

综上, 本试验表明在温室青椒的生产栽培过程中, 施用生物菌肥能够促进青椒生长, 提高各光合色素的含量, 增加产量并提升品质. 这对优化青椒的温室种植模式, 提高农作物生产效率具有重要的实践意义. 结合试验结果, 推荐将生物菌肥稀释至 200 倍进行施用, 以达到高效利用生物菌肥的目的, 实现青椒的优质高产.

[参考文献]

- [1] 刘开华, 邢淑婕. 含茶多酚的壳聚糖涂膜对青椒的保鲜效果研究 [J]. 中国食品添加剂, 2013 (2): 224-228.
- [2] 杨佳鸣. 不同调亏模式及黄腐酸、脱落酸施用对青椒生长、产量的影响 [D]. 邯郸: 河北工程大学硕士学位论文, 2019.

- [3] 贺字典, 高玉峰, 李婧实, 等. 木霉菌肥对青椒生长性状及品质的影响 [J]. 河北科技师范学院学报, 2018, 32 (3): 15-21.
- [4] 纪海鹏, 高聪聪, 董成虎, 等. 不同保鲜剂处理对圆青椒贮藏品质的影响 [J]. 包装工程, 2019, 40 (19): 34-40.
- [5] 朱丽, 姬振蒙, 殷敏, 等. 不同微生物菌剂对羊角椒生长发育及病害的影响 [J]. 浙江农业科学, 2023, 64 (11): 2655-2661.
- [6] 阎世江, 柴文臣, 王生武. 生物菌肥与化肥配施对青椒生长、产量及果实品质的影响 [J]. 土壤通报, 2020, 51 (1): 159-163.
- [7] TANGGA C K, MOHIDIN H, ABDULLAH S. The effect of empty fruit bunch (EFB) compost and *Trichoderma* biofertilizer on growth and yield performance of Chili (*Capsicum annum* L. Var. Kulai) [EB/OL]. (2022-08-24) [2023-10-01]. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1114/1/012070>.
- [8] 徐梦珠, 秦志翔, 张帆, 等. 不同供磷水平对青椒幼苗生长、光合作用及矿质元素吸收的影响 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2024, 52 (2): 104-112.
- [9] CAI F, PANG G, LI R X, et al. Bioorganic fertilizer maintains a more stable soil microbiome than chemical fertilizer for monocropping [J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2017, 53 (8): 861-872.
- [10] 杨志刚, 叶英杰, 常海文, 等. 微生物菌肥及土壤修复剂对干制辣椒生长、品质及产量的影响 [J]. 北方园艺, 2020 (19): 1-7.
- [11] 王慧颖, 徐明岗, 马想, 等. 长期施肥下我国农田土壤微生物及氨氧化菌研究进展 [J]. 中国土壤与肥料, 2018 (2): 1-12.
- [12] 汪丛啸, 何福英, 杨梅, 等. 3种芽孢杆菌菌剂对望天树苗木生长和光合特性的影响 [J]. 热带亚热带植物学报, 2022, 30 (2): 213-223.
- [13] 何永梅, 孔志强, 陈胜文, 等. 生物菌肥及其在蔬菜生产上的应用 [J]. 科学种养, 2019 (9): 33-35.
- [14] 祁娟, 姚拓, 白小明, 等. 复合菌肥替代部分磷肥对苜蓿草地生产力及土壤肥力的影响 [J]. 草业学报, 2017, 26 (10): 118-128.
- [15] 蒋永梅, 姚拓, 田永亮, 等. 微生物肥料对青梗花椰菜生长和土壤微生物特性的影响 [J]. 草业科学, 2017, 34 (3): 465-471.
- [16] 袁雅文. 有益微生物作用机理及微生物菌肥的应用前景 [J]. 杂交水稻, 2022, 37 (4): 7-14.
- [17] 宋培植. 减氮配施有机肥及生物菌肥对菜心品质和产量的影响 [D]. 长春: 吉林农业大学硕士学位论文, 2022.
- [18] 武杞蔓, 刘朋宇, 张颖, 等. 微生物菌肥对番茄生长、品质及糖代谢相关酶的影响 [J]. 江苏农业科学, 2022, 50 (24): 125-130.
- [19] 武杞蔓, 田诗涵, 李昀焯, 等. 微生物菌肥对设施黄瓜生长、产量及品质的影响 [J]. 生物技术通报, 2022, 38 (1): 125-131.
- [20] 瞿云明, 徐小燕. 氰氨化钙处理酸化土壤后配施微生物菌肥对花椰菜的影响 [J]. 中国瓜菜, 2023, 36 (5): 115-119.
- [21] 李艾兰, 周广俊, 宋利云, 等. 生物菌肥在大棚青椒栽培中应用效果研究 [J]. 现代农业, 2018 (8): 16-17.
- [22] 马兴东. 不同施氮量对黑果枸杞光合特性、品质与产量的影响 [D]. 兰州: 甘肃农业大学硕士学位论文, 2020.
- [23] 中华人民共和国卫生部, 中国标准化委员会. 植物类食品中粗纤维的测定: GB/T 5009.10—2003 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003: 8.
- [24] 李小方, 张志良. 植物生理学实验指导 [M]. 5版. 北京: 高等教育出版社, 2016: 246-247.
- [25] 王归鹏, 马乐乐, 范兵华, 等. 微生物菌剂对番茄全有机营养栽培养分转化及产量品质的影响 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2021, 49 (9): 118-128.
- [26] 刘艳芝, 高洪生, 徐译文, 等. 微生物菌剂在辣椒上的肥效试验 [J]. 中国果菜, 2017, 37 (5): 28-30.
- [27] 贾峥嵘, 郝佳丽, 郝艳芳, 等. 4种促生菌剂对甘薯生长及土壤肥力的影响 [J]. 干旱区资源与环境, 2022, 36 (9): 166-172.
- [28] 李凯峰, 姜存良, 包昌艳, 等. 生物菌肥对猕猴桃生长和生理特性的影响 [J]. 中国果树, 2020 (3): 72-75.
- [29] 刘素慧, 刘世琦, 张自坤, 等. EM对连作大蒜根际土壤微生物和酶活性的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17 (3): 718-723.
- [30] 胡丽可, 胡远亮, 胡咏梅, 等. 连作辣椒大棚施用5406 抗生素菌肥的效果 [J]. 华中农业大学学报, 2016, 35 (3):

61-65.

- [31] 郭振升, 崔保伟. 有机肥与氮磷钾肥配施对朝天椒生理特性及产质的影响 [J]. 广东农业科学, 2011, 38 (20): 65-67.

Effects of Biofilm Fertilizer on Growth, Yield and Quality of Green Pepper

XI Jing^{1,2}, LI Shaoxiang^{1,2}, XU Leixin^{1,2}, LIU Zhimei^{1,2}, WANG Tao^{1,2}, NIU Yanfen^{1,2}, YIN Liqing^{1,2}

(1. *Intelligent Agriculture Engineering Center of Yunnan Characteristic Resource Plant, School of Agronomy and Life Sciences, Kunming University, Kunming, Yunnan, China 650241;*

2. *Urban Modern Agricultural Engineering Research Centre for Yunnan Universities, School of Agronomy and Life Sciences, Kunming University, Kunming, Yunnan, China 650214)*

Abstract: In order to research the effects of different concentrations of biological bacterial fertilizer on the growth, yield and quality of green pepper in greenhouse, the dilution concentration of 200 (X200), 400 (X400), 600 (X600), 800 (X800) were set up for the study of Alstonia pepper and Cayenne pepper. The indicators of morphology, yield, photosynthetic pigment content, and quality of peppers were measured during the mature period. The results show that the biological bacterial fertilizer has a positive effect on the growth, yield and quality of green pepper compared with the clear water control group (CK). Among them, X200 treatment promoted the best effect of the two kinds of green pepper, the determination of height, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll content, carotenoid content of Alstonia pepper is up to 77.33 cm, 3.23 mg/L, 2.50 mg/L, 5.04 mg/L and 0.84 mg/L, and that of Cayenne pepper is up to 76.68 cm, 5.03 mg/L, 1.65 mg/L, 7.80 mg/L and 1.34 mg/L. Compared with CK, the yield, pericarp thickness and vitamin C content of Alstonia pepper increased by 176.84%, 56.84% and 38.10% respectively, and those of Cayenne pepper increased by 103.04%, 21.40% and 94.74% respectively. Moreover, the crude fiber content of both kinds of green peppers was decreased with four diluted concentrations of biofertilizer. The conclusion is that X200 treatment has a significant effect on promoting the growth, yield and fruit quality of green pepper.

Key words: biofilm fertilizer; green pepper; yield; quality

(责任编辑: 陈伟超)

(上接第 87 页)

Research on Secondary Metabolites and Screening for Nematicidal Activity of the Marine Actinomycete *Streptomyces avidinii*

LIU Jieyang, CHENG Qi, TANG Xiangqin, FAN Qinyu, WANG Ying, HE Jiangbo

(*School of Medicine, Kunming University, Kunming, Yunnan, China 650214*)

Abstract: Study of the active material basis of killing nematodes by marine actinomycetes. Theliquid fermentation of eighty-one strains of marine Actinomycetes were screened for killing nematode, and then the fermentation liquid of the active strains was separated and purified, furthermore the compounds were screened for nematoidal activity. A marine Actinomycete strain with high nematicidal activity was screened and its nematode mortality rate reached 89.9%. The strain was identified as *Streptomyces avidinii*, seven compounds were obtained from its fermentation broth, and the compounds were named as pyrrole-2-carboxamide (1), N-(3-(1H-indole-3-yl) propyl) acetamide (2), p-hydroxybenzyl alcohol (3), N-acetyltyramine (4), 4-methyl-1-phenylpentane-2, 3-diol (5), 1H-indole-3-aldehyde (6) and zarzissine (7). Among them, compounds 3 and 4 showed better nematicidal activity.

Key words: nematode; marine actinomycete; secondary metabolites; fermentation

(责任编辑: 陈伟超)