

李佳璠, 宋梦圆, 许盟盟, 等. 不同有机肥处理对番茄生长、产量及品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(12): 173–179.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.12.028

不同有机肥处理对番茄生长、产量及品质的影响

李佳璠, 宋梦圆, 许盟盟, 高丽红, 谢 越

(中国农业大学园艺学院, 北京 100193)

摘要:为探究微生物肥及与氨基酸肥配合施用对以蚯蚓粪肥为底肥的冷棚番茄的影响, 从而挖掘不同有机肥混合施用的应用价值, 以樱桃番茄吉甜一号和中果型番茄黄金番茄为试验材料, 分析不同施肥处理对大棚番茄生长(指标为株高、茎粗、叶绿素、叶面积)、品质(指标为可溶性固形物含量、维生素 C 含量、可滴定酸含量、可溶性糖含量、糖酸比、单果质量)和产量(指标为坐果率、产量)的影响, 并利用主成分分析法和隶属函数法对番茄品质进行综合评价。结果表明, 在以蚯蚓粪为底肥的冷棚番茄生产中, 追施微生物肥(MF)只显著提高了黄金番茄坐果—转色期的叶面积和株高, 但降低了黄金番茄的品质综合评价指数, 提高了吉甜一号的品质综合评价指数。追施微生物肥结合叶面喷施氨基酸肥(MF+AF)降低了 2 种番茄的品质综合评价指数。MF、MF+AF 处理虽然对番茄的坐果率无显著影响, 但却降低了番茄的总产量。综合分析可知, MF、MF+AF 处理对不同品种番茄生长和品质的影响不一致, MF 处理可提高樱桃番茄吉甜一号的品质, 不追施微生物肥和氨基酸肥(CK)可以保障中果型番茄黄金番茄的品质。

关键词:微生物肥; 氨基酸叶面肥; 蚯蚓粪肥; 番茄品质; 综合评价指数

中图分类号: S143.6; S641.206

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2022)12-0173-07

番茄(*Solanum lycopersicum*)是我国蔬菜栽培中最主要的园艺作物之一, 在国内的播种面积占蔬菜总播种面积的 4.7%^[1]。由于设施蔬菜生产中超量施用化肥的问题普遍存在, 严重影响了番茄的产量和品质, 但是随着人民生活水平的提高, 消费市场关注高品质番茄的关注度越来越高^[2]。因此, 急需新型、绿色的肥料部分替代化肥。

目前, 常用于代替化肥的肥料有微生物肥、氨基酸水溶肥和以动物粪便为原料的有机肥。微生物肥是一类由微生物及其产物组成的活性制品, 其施用可以减少化肥的施用, 有利于保护生态环境, 而微生物肥中的微生物可以促进植株生长, 被称为植物促生菌(plant growth-promoting bacteria, PGPB)^[3]。植物促生菌分泌 1-氨基环丙烷-1-羧酸(ACC)脱氨酶、胞外多糖、生长素(IAA)、赤霉素(Gas)、脯氨酸等代谢产物, 能够将土壤中复杂的有机物质分解成更简单的形式, 使这些营养物质易

于被植物吸收, 从而促进植物生长^[4]。施加微生物肥料对番茄生长的促进作用不仅表现在能够提高番茄株高、茎粗、茎干质量、叶面积等营养生长指标上, 还体现在能够降低番茄果实硝酸盐含量, 提高番茄果实还原性糖、维生素 C、可溶性固形物、番茄红素含量及产量等生殖生长指标上^[5-7]。氨基酸肥是一种以氨基酸为原料的肥料, 为了防止氨基酸在土壤微生物作用下被分解, 通常采用叶面喷施的方式以保证肥效^[8]。氨基酸不仅含有植物需要的氮素营养, 而且能络合一些微量元素, 例如复合氨基酸中的一NH₂、—OH、—COOH 可络合 Fe、Cu、Zn、Mn 等元素, 从而提高植物吸收微量元素的速率, 甘氨酸、谷氨酸等氨基酸还具有明显的生长调节功能, 有利于蛋白酶、叶绿素的合成, 从而促进植物吸收二氧化碳进行光合作用^[8-10]。在番茄栽培过程中, 喷施氨基酸叶面肥可以增加植株株高、茎粗、叶片数和叶绿素含量, 显著提高果实的维生素 C 含量、有机酸含量、可溶性糖含量、糖酸比和可溶性蛋白含量, 增加番茄单果质量和小区产量^[11-13]。蚯蚓粪肥是使用蚯蚓的排泄物发酵制成的肥料, 富含大量营养物质, 如腐殖质、有机质、植物所需的各种元素, 且蚯蚓粪肥中的营养含量高于由相同有机废料制成的普通堆肥产物^[14]。已有研究发现, 适量施加蚯蚓粪肥对番茄植株株高、茎粗均有促进作用, 且

收稿日期: 2021-08-24

基金项目: 国家重点研发计划(编号: 2019YFD1001900); 国家现代农业产业技术体系建设专项(编号: CARS-23)。

作者简介: 李佳璠(1999—), 女, 河北邢台人, 硕士研究生, 从事设施蔬菜栽培生理与环境调控研究。E-mail: 18845897632@163.com。

通信作者: 谢 越, 博士, 讲师, 从事设施蔬菜栽培生理与环境调控研究。E-mail: yue.xie@cau.edu.cn。

使番茄果实的维生素 C、有机酸、可溶性糖含量显著升高,产量相较于不施加蚯蚓粪肥显著提高^[15-17]。

综合评价果实品质是探究肥料对番茄产量、品质影响的重要一步。单一性状的突出并不能反映整体的情况,只有综合性状优良的施肥方案才具有推广价值。主成分分析法在减少原有信息损失的基础上,使各个指标转化为彼此间线性独立的综合指标,极大程度地避免了指标间相关性的干扰^[18]。隶属函数法通过计算各个指标的隶属函数值,通过加权计算得出综合评分^[19]。将主成分分析法和隶属函数法进行结合使用是进行综合评价的有效方法,目前,已有研究结合上述 2 种方法对番茄^[20]、辣椒^[21]、菠菜^[22]、大白菜^[23]、大豆^[24]和玉米^[25]的品质进行综合评价。

已有研究发现,微生物肥与氨基酸肥有利于番茄生长,但是关于蚯蚓粪作为底肥的微生物肥与氨基酸叶面肥配合施用的效果还鲜有报道。本试验以常规施加水溶肥作对照,研究施用微生物肥及微生物肥与氨基酸肥配合施用 2 种施肥方案对大棚种植的吉甜一号和黄金番茄植株生长、产量和果实品质的影响,以期为高品质番茄栽培施肥方案的制定提供技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验地点与材料

试验设在河北省张家口市尚义县官村(地理位置为 41°9′8.55″N、113°56′56.23″E,海拔 1 259 m)大棚内,试验时间为 2020 年 5 月 10 日至 10 月 13 日。

供试肥料为丰田宝微生物菌肥、慧动力氨基酸

叶面肥,购自山东丰田宝农业科技有限公司;常规追施水溶肥为金正大复合肥,购自金正大生态工程集团股份有限公司;供试品种为“吉甜一号”和“黄金番茄”,购自北京天安农业发展有限公司。本试验所用底肥:金正大复合肥(N、P₂O₅、K₂O 含量分别为 16%、16%、16%)、磷酸二铵(N、P₂O₅、K₂O 含量分别为 8%、46%、0),金正大生态工程集团股份有限公司;持力棚(纯 B 含量为 15%,Na₂B₄O₇·4H₂O 含量为 99%)、辛硫磷颗粒(总有效成分含量为 5%),美国硼砂集团;腐熟羊粪,唐县赫辉有机肥销售公司;蚯蚓粪肥,北京丰收时节农业科技有限公司。

1.2 试验设计

种植试验在长 65 m、宽 10 m 的冷棚内进行,冷棚为南北走向,2 个品种分别在 2 个条件相同的冷棚内进行试验。定植前施用 750 kg/hm² 复合肥、300 kg/hm² 磷酸二铵、6 kg/hm² 持力棚、90 kg/hm² 辛硫磷颗粒、30 000 kg/hm² 腐熟羊粪、45 000 kg/hm² 蚯蚓粪肥作为底肥。双行栽培,行距 45 cm,株距 30 cm,留 7 穗果打顶。除施肥外,其他管理措施保持一致。

本试验设追施微生物肥(MF)、追施微生物肥+氨基酸叶面肥(MF+AF)和常规追施水溶肥(CK)3 个处理,每个处理设 4 次重复,共有 12 个处理小区,各处理小区采用随机区组设计,每个小区的面积为 54.17 m²。番茄于 2020 年 5 月 10 日定植,2020 年 10 月 13 日拉秧。MF、MF+AF 处理的微生物肥于定植后果实坐果—转色期一次性施入,施加时间为 6 月 14 日。氨基酸叶面肥、水溶肥按照肥料说明推荐使用量和当地大棚番茄常规管理施加,追肥时期和追肥量见表 1。

表 1 不同处理的追肥时期及追肥量

处理	肥料类型	不同时期的追肥量(kg/hm ²)		
		坐果期—转色期	转色期—采收前期	采收前期—采收后期
CK	水溶肥	N:P ₂ O ₅ :K ₂ O=1:1:1 652.5	N:P ₂ O ₅ :K ₂ O=1:0.4:3.6 90	N:P ₂ O ₅ :K ₂ O=1:0.4:3.6 90
MF	丰田宝微生物肥	4 500	—	—
MF+AF	丰田宝微生物肥	4 500	—	—
	慧动力氨基酸叶面肥	6.75	4.5	4.5

1.3 测定指标与方法

1.3.1 番茄生长指标的测定 开花后在每个小区选取 5 株长势一致的番茄,在施肥时间前后定株测量植株株高、茎粗、叶面积、叶片数。株高用钢卷尺

测量植株茎基部至生长点的距离;茎粗用数显游标卡尺测量距生长点约 15 cm 处的横、纵向直径,取平均值;选取顶端前 3 张完全展开的功能叶,用钢卷尺测量其叶长、叶宽,按照下式计算其叶面积(LA):

$$LA = 0.347 \times (L \times W) - 10.7^{[26]}。$$

式中: L 为叶长; W 为叶宽。

1.3.2 番茄品质指标的测定 分别选取 20 个第 1、第 3、第 5、第 7 穗的成熟果实,用蒽酮比色法^[27]测定果实可溶性糖含量,用酸碱滴定法^[28]测定果实可滴定酸含量,用 2,6-二氯酚靛酚钠滴定法^[29]测定果实维生素 C 含量,用 TD245 型数字折光仪^[30]测定果实可溶性固形物含量。分别选取 20 个第 1 穗、第 3 穗、第 5 穗、第 7 穗的成熟果实,用电子天平称量其单果质量。

1.3.3 番茄产量指标的测定 对每个小区选取 5 株长势一致的番茄,定株计算其坐果率;待番茄全部采收后,计算每个处理的总产量,相关计算公式:

$$\text{坐果率} = \text{坐果数量} / \text{开花数量} \times 100\%。$$

1.4 番茄果实品质综合评价指数的计算

对原始数据进行标准化后,对其进行主成分分析,选取累计方差贡献率大于 75% 的主成分。根据主成分的方差贡献率和特征向量计算所选主成分的得分,将其作为该主成分的综合得分^[31]。

对主成分的综合得分,采用如下公式计算隶属函数值^[32]:

$$U(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}); i = 1, 2, 3, \dots, n。$$

(1)

式中: X_i 为第 i 个综合指标数值; X_{\min} 为第 i 个综合指标的最大值; X_{\min} 为第 i 个综合指标的最小值。

不同综合指标所占权重采用如下公式进行

计算:

$$Y_i = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}; i = 1, 2, 3, \dots, n。$$

(2)

式中: P_i 为第 i 个综合指标贡献率。

综合评价指数 (D 值) 采用以下公式进行计算:

$$D = \sum_{i=1}^n [U(X_i) \times Y_i]; i = 1, 2, 3, \dots, n。$$

(3)

1.5 数据统计与分析

用 SPSS 26.0、Excel 2019 对数据进行主成分分析、隶属函数分析、单因素方差分析,采用 Duncan's 法分析差异显著性 ($\alpha = 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同肥料处理对番茄生长指标的影响

由表 2 可以看出,随着番茄生长期的延长,吉甜一号番茄植株株高、叶片数不断增加,叶面积先增加后减小,于 2020 年 7 月 14 日达到最大值。黄金番茄植株的株高、叶片数不断增加;MF、CK 处理的番茄植株叶面积在 7 月 21 日减小,随着生长期的延长,MF + AF 处理番茄植株的叶面积不断变大。与对照相比,在 MF + AF 处理下,吉甜一号的茎粗在 6 月 25 日显著增加;在 MF 处理下,黄金番茄的叶面积和植株株高分别在 7 月 8 日和 7 月 14 日显著提高,而其他指标均无显著变化。

2.2 不同处理对番茄果实品质的影响

由表 3 可以看出,不同肥料处理对植株第 1、第

表 2 不同处理对番茄生长指标的影响 (2020 年)

品种	处理	株高 (cm)					茎粗 (mm)				
		06-05	06-25	07-08	07-14	07-21	06-05	06-25	07-08	07-14	07-21
吉甜一号	CK	41.32a	98.20a	136.41a	160.50a	182.26a	1.00a	8.80b	9.87a	9.42a	8.94a
	MF	42.07a	100.63a	143.04a	162.35a	184.50a	1.04a	8.75b	9.88a	9.68a	8.58a
	MF + AF	40.86a	99.12a	141.11a	163.64a	187.59a	1.05a	9.72a	9.72a	9.86a	8.61a
黄金番茄	CK	43.38a	95.25a	121.95a	133.83b	144.81a	0.86a	13.12a	13.68a	12.56a	10.75a
	MF	44.87a	97.67a	130.27a	145.76a	147.58a	0.79a	12.18a	13.18a	13.48a	12.07a
	MF + AF	44.23a	98.35a	128.68a	143.53ab	152.96a	0.81a	12.13a	13.69a	13.58a	13.11a
品种	处理	叶片数 (张)					叶面积 (cm ²)				
		06-05	06-25	07-08	07-14	07-21	06-05	06-25	07-08	07-14	07-21
吉甜一号	CK	—	—	25.35a	27.95a	30.45a	—	—	528.17a	542.24a	467.51a
	MF	—	—	25.15a	28.40a	30.15a	—	—	475.90a	528.23a	468.99a
	MF + AF	—	—	25.75a	28.25a	30.15a	—	—	531.19a	569.15a	524.36a
黄金番茄	CK	—	—	22.00a	24.85a	26.85a	—	—	657.47b	737.41a	703.72a
	MF	—	—	23.60a	24.85a	26.65a	—	—	743.38a	790.61a	738.76a
	MF + AF	—	—	23.80a	24.70a	26.70a	—	—	714.99ab	739.98a	744.80a

注:同列数据后不同小写字母表示不同施肥处理同一时期同一指标差异显著 ($P < 0.05$)。

表 3 不同处理对不同果穗番茄品质的影响

品种	处理	第 1 穗					
		可溶性固形物 含量(%)	单果质量 (g)	维生素 C 含量(mg/kg)	可滴定酸 含量(mg/g)	可溶性糖 含量(mg/g)	糖酸比
吉甜一号	CK	8.38b	12.78a	89.8a	6.23a	50.22a	8.06a
	MF	8.80a	12.48a	89.3a	6.26a	46.29a	7.45a
	MF + AF	8.25b	14.08a	92.1a	5.96a	43.86a	7.37a
黄金番茄	CK	6.28	91.74a	40.5a	5.95a	29.30a	5.03a
	MF	6.03	71.73b	43.4a	4.99a	25.37a	5.08a
	MF + AF	5.95	94.76a	42.3a	4.82a	24.65a	5.17a

品种	处理	第 3 穗					
		可溶性固形物 含量(%)	单果质量 (g)	维生素 C 含量(mg/kg)	可滴定酸 含量(mg/g)	可溶性糖 含量(mg/g)	糖酸比
吉甜一号	CK	8.25a	14.03a	64.7a	5.03a	41.69a	8.30a
	MF	7.95a	13.25a	47.0a	5.36a	37.80a	7.04a
	MF + AF	7.70a	13.25a	55.4a	5.24a	36.16a	6.93a
黄金番茄	CK	6.80a	105.13a	45.0a	5.24a	31.00a	6.02a
	MF	6.68a	107.04a	36.6a	5.41a	31.07a	5.99a
	MF + AF	6.25a	115.16a	40.2a	4.42a	31.3a	7.11a

品种	处理	第 5 穗					
		可溶性固形物 含量(%)	单果质量 (g)	维生素 C 含量(mg/kg)	可滴定酸 含量(mg/g)	可溶性糖 含量(mg/g)	糖酸比
吉甜一号	CK	8.68a	17.39a	112.2b	5.39a	34.62a	6.48a
	MF	8.68a	15.60a	124.1a	5.88a	31.73ab	5.42a
	MF + AF	8.55a	16.71a	124.7a	5.58a	30.04b	5.42a
黄金番茄	CK	6.95a	121.07a	67.8a	7.02a	30.73a	4.42a
	MF	7.68a	116.98a	67.7a	8.36a	32.46a	3.88a
	MF + AF	7.03a	137.84a	58.4a	7.02a	26.58a	3.90a

品种	处理	第 7 穗					
		可溶性固形物 含量(%)	单果质量 (g)	维生素 C 含量(mg/kg)	可滴定酸 含量(mg/g)	可溶性糖 含量(mg/g)	糖酸比
吉甜一号	CK	8.10a	17.88a	87.7a	3.97b	49.39a	12.78a
	MF	8.03a	16.83ab	95.5a	4.96a	39.57a	8.03b
	MF + AF	7.53a	14.81b	77.5a	5.29a	40.14a	7.59a
黄金番茄	CK	7.30a	97.78a	63.9a	7.07a	36.13a	5.17a
	MF	6.85a	98.11a	50.1a	6.38a	31.28a	4.99a
	MF + AF	6.80a	110.94a	55.0a	6.30a	32.99a	5.33a

注:同列数据后不同小写字母表示不同施肥处理在同一时期、同一指标间差异显著($P < 0.05$)。

3、5、7 穗果实主要品质指标的影响存在差异。与 CK 相比, MF 处理显著增加了吉甜一号第 1 穗果实的可溶性固形物含量和第 7 穗果实的可滴定酸含量, 显著降低了黄金番茄第 1 穗果实的单果质量和吉甜一号第 7 穗果实的糖酸比; MF + AF 处理显著降低了吉甜一号第 5 穗果实的可溶性糖含量和第 7 穗果实的单果质量, 显著提高了吉甜一号第 7 穗果实的可滴定酸含量; 其他各指标间的差异不显著。

2.3 番茄果实品质综合评价指数

将吉甜一号和黄金番茄 2 个品种的可溶性固形物含量、维生素 C 含量、可滴定酸含量、可溶性糖含量、糖酸比 5 个品质指标测定值分别进行标准化分析, 再对标准化后的数值进行主成分分析, 结果均提取出 2 个主成分, 其特征值、方差贡献率、累积方差贡献率见表 4, 特征向量见表 5。糖酸比与吉甜一号主成分 1 的相关性最高, 可溶性糖含量、可溶性固形物含量与吉甜一号主成分 2 的相关性较高。而黄金

表 4 果实品质指标主成分的特征值、方差贡献率和累积方差贡献率

品种	主成分	特征值	方差贡献率 (%)	累积方差贡献率 (%)
吉甜一号	1	2.595	51.90	51.90
	2	1.229	24.58	76.48
黄金番茄	1	3.51	70.12	70.12
	2	1.24	24.77	94.90

番茄的可溶性固形物含量、维生素 C 含量、可滴定酸含量与其主成分 1 的相关性较高,可溶性糖含量最能代表其主成分 2。根据各成分的特征向量,将主成分用如下 5 个指标向量的线性组合表示:

表 5 果实品质指标主成分的特征向量和载荷值

品种	果实品质指标	主成分 1		主成分 2	
		特征向量	载荷值	特征向量	载荷值
吉甜一号	可溶性固形物含量	0.435	0.700	0.559	0.620
	维生素 C	0.433	0.698	0.365	0.405
	可滴定酸含量	0.440	0.708	0.122	0.135
	可溶性糖含量	-0.384	-0.618	0.601	0.666
	糖酸比	-0.532	-0.856	0.422	0.468
黄金番茄	可溶性固形物含量	0.498	0.933	0.223	0.247
	维生素 C 含量	0.499	0.935	-0.072	-0.080
	可滴定酸含量	0.524	0.982	-0.099	-0.110
	可溶性糖含量	0.281	0.527	0.753	0.836
	糖酸比	-0.385	-0.721	0.611	0.678

采用隶属函数法,根据公式(1)对求得的主成分得分进行综合得分 $[U(X_i)]$ 的计算,再利用公式(1)得出,吉甜一号中提取的 2 个综合指标的权重分别为 0.68、0.32,黄金番茄中提取的 2 个综合指标的权重分别为 0.74、0.26,最后根据公式(3)计算出吉甜一号和黄金番茄第 1、第 3、第 5、第 7 穗果不同处理的综合性评价指数(D 值)(表 6)。为了比较不同处理对综合评价指数的影响,将 4 穗果实的综合评价指数相加,求得吉甜一号的 CK 组得分为 2.19, MF 处理组得分为 2.45, MF + AF 处理组得分为 1.99,可见吉甜一号 3 个施肥处理组的综合排序为 MF > CK > MF + AF;黄金番茄的 CK 组得分为 2.00, MF 处理组的得分为 1.75, MF + AF 处理组得分为 1.22,黄金番茄 3 个施肥处理组的综合排序为 CK > MF > MF + AF。

2.4 不同处理对番茄产量的影响

对于吉甜一号,与 CK 相比, MF 处理、MF + AF 处理的坐果率降低,坐果率排序为 CK > MF + AF >

吉甜一号主成分 1: $X_{JT1} = 0.435u_1 + 0.433u_2 + 0.440u_3 - 0.384u_4 - 0.532u_5$;

吉甜一号主成分 2: $X_{JT2} = 0.559u_1 + 0.365u_2 + 0.122u_3 + 0.601u_4 + 0.422u_5$;

黄金番茄主成分 1: $X_{HT1} = 0.498u_1 + 0.499u_2 + 0.524u_3 + 0.281u_4 - 0.385u_5$;

黄金番茄主成分 2: $X_{HT2} = 0.223u_1 - 0.072u_2 - 0.099u_3 + 0.753u_4 + 0.611u_5$ 。

式中: u_1 、 u_2 、 u_3 、 u_4 、 u_5 分别为可溶性固形物含量、维生素 C 含量、可滴定酸含量、可溶性糖含量、糖酸比标准化后的数值。

MF;对于黄金番茄, MF + AF 处理的坐果率最高,达到 77.64%, MF 处理的坐果率比 CK 低 1.86 百分点,但是 2 个品种在不同处理间的差异均不显著(图 1)。与 CK 相比, MF、MF + AF 处理的吉甜一号与黄金番茄的产量有所降低,总体表现为 CK > MF > MF + AF, MF 处理吉甜一号番茄产量较 CK 低 3.06%, MF + AF 处理的产量低于 CK 3.42%, MF 处理黄金番茄的产量比 CK 降低了 4.45%, MF + AF 处理比 CK 降低了 7.32% (图 2)。

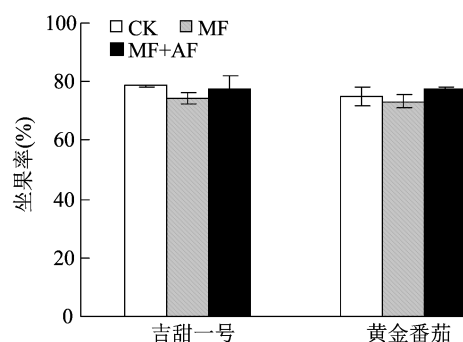


图 1 不同处理对番茄坐果率的影响

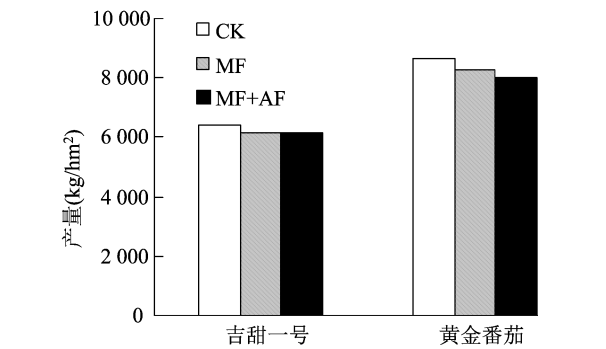


图2 不同处理对番茄产量的影响

3 结论与讨论

番茄的株高、茎粗、叶面积、叶片数等生长指标及生物量可直观地反映番茄植株的生长状况,也间接地反映了番茄果实的品质和产量^[33]。本试验结果表明,番茄植株的株高、叶片数随着生长期的延长而逐渐升高,叶面积指数随着植株的生长先增大后减小,这与张新燕等的研究结果^[34]相同。MF + AF 处理显著提高了吉甜一号在定植后 46 d(6 月 25 日)的茎粗,MF 处理显著提高了黄金番茄定植后

表 6 果实品质主成分得分、隶属函数值、权重及 D 值

品种	处理	穗数	X_1	X_2	$U(X_1)$	$U(X_2)$	D
吉甜一号	第 1 穗	CK	0.00	1.41	0.56	0.96	0.69
		MF	0.87	1.50	0.71	0.99	0.80
		MF + AF	0.28	0.47	0.61	0.68	0.63
	第 3 穗	CK	-0.98	-0.10	0.39	0.51	0.43
		MF	-0.80	-1.36	0.42	0.13	0.33
		MF + AF	-0.88	-1.79	0.41	0.00	0.27
	第 5 穗	CK	1.50	0.20	0.82	0.60	0.75
		MF	2.51	-0.03	1.00	0.53	0.85
		MF + AF	2.28	-0.41	0.96	0.41	0.78
	第 7 穗	CK	-3.19	1.53	0.00	1.00	0.32
		MF	-0.53	-0.23	0.47	0.47	0.47
		MF + AF	-1.07	-1.18	0.37	0.18	0.31
权重				0.68	0.32		
黄金番茄	第 1 穗	CK	-0.96	-0.42	0.25	0.39	0.28
		MF	-1.86	-1.33	0.09	0.11	0.10
		MF + AF	-2.17	-1.45	0.04	0.07	0.05
	第 3 穗	CK	-0.85	0.89	0.27	0.80	0.40
		MF	-1.25	0.87	0.20	0.79	0.35
		MF + AF	-2.40	1.55	0.00	1.00	0.26
	第 5 穗	CK	1.76	-0.48	0.71	0.37	0.62
		MF	3.44	-0.25	1.00	0.44	0.86
		MF + AF	1.28	-1.68	0.63	0.00	0.47
	第 7 穗	CK	2.09	1.43	0.77	0.52	0.70
		MF	0.40	0.15	0.41	0.52	0.44
		MF + AF	0.53	0.72	0.41	0.52	0.44
权重				0.74	0.26		

注: X_1 、 X_2 分别为主成分 1、主成分 2 的综合得分; $U(X_1)$ 、 $U(X_2)$ 分别为主成分 1、主成分 2 的隶属函数值; D 为番茄品质的综合评价指数。

59 d(7 月 8 日)的叶面积和定植后 65 d(7 月 14 日)的株高,这与王书娟等的研究结果^[5,11,35]相同。但 MF + AF 处理并未对其他时期的茎粗产生影响,并且有研究表明,番茄生长指标也受其生育时期的影响而不同,如张燕等发现,不同施肥处理在番茄发育前期茎粗无显著差异,在发育末期存在显著差异^[36]。

施加微生物肥提高番茄品质已被很多研究证实。本试验结果显示,施加微生物肥只增加了少量果穗番茄果实中的可溶性固形物含量、维生素 C 含量和可溶性糖含量,降低了番茄果实的糖酸比。经过番茄品质综合评价指数的计算可知,吉甜一号施加 MF 的分值最高,这与前人得出的施加微生物肥能够提高番茄品质的研究结果^[37-38]相同。而

MF + AF 处理的综合评价指数却低于 CK,可能由于本试验采用蚯蚓粪肥作为底肥,蚯蚓粪肥富含有机质和氮、磷、钾等养分,可以提高土壤中的微生物含量^[39],对番茄生长及品质的改善具有明显作用。在施加蚯蚓粪肥和 MF 的基础上施加 AF,可能会导致肥量过高,而施肥量过高并不利于番茄的生长和产量的提高^[34]。在本试验中,黄金番茄 3 个施肥处理的品质综合评价指数排序为 CK > MF > MF + AF,表明相同的施肥方法和施肥量对不同品种的影响存在差异性,这与胡学术等的研究结果^[40-41]相同。

在实践生产中,生产者为了提高番茄的番茄品质,常施用其他肥料来改善果实品质^[42]。虽然有大量研究发现,施加微生物肥可以提高番茄的品质^[5-7],但本研究发现,施加微生物肥时应注意与其他肥料的配施效果及品种差异,单纯配施可能只会有限提高番茄品质甚至降低番茄品质及减产,降低经济效益,因此要注意有针对性地调整微生物肥的使用量。

参考文献:

- [1] 霍建勇. 中国番茄产业现状及安全防范[J]. 蔬菜,2016(6): 1-4.
- [2] 薛鑫. 高效生产管理成设施蔬菜产业发展重要抓手[J]. 农业工程技术,2019,39(25):27-30.
- [3] 张瑞福,颜春荣,张楠,等. 微生物肥料研究及其在耕地质量提升中的应用前景[J]. 中国农业科技导报,2013,15(5):8-16.
- [4] Radhakrishnan R, Baek K H. Physiological and biochemical perspectives of non-salt tolerant plants during bacterial interaction against soil salinity[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2017, 116:116-126.
- [5] 王书娟,齐合玉,孙超,等. 微生物菌肥对大棚番茄的影响[J]. 蔬菜,2020(1):34-37.
- [6] Chaichi M R, Keshavrz - Afshar R, Lu B, et al. Growth and nutrient uptake of tomato in response to application of saline water, biological fertilizer, and surfactant[J]. Journal of Plant Nutrition, 2016, 40(4):457-466.
- [7] 王鑫,曹志强,王金成,等. 微生物发酵有机肥对温室番茄产量、品质和土壤肥力的影响[J]. 中国土壤与肥料,2013(1):80-84.
- [8] 杨俊雪,石如岳. 氨基酸叶面肥应用现状[J]. 农村经济与科技, 2019,30(24):28,112.
- [9] Fischer W N, Andre B, Rentsch D, et al. Amino acid transport in plants[J]. Trends in Plant Science, 1998,3(5):188-195.
- [10] Takeuchi M, Arakawa C, Kuwahara Y, et al. Effects of L-proline foliar application on the quality of 'Kosui' Japanese pear[J]. Acta Horticulturae, 2008(8002):549-554.
- [11] 张亚,任子君,张婵,等. 根际促生菌与氨基酸肥联合追施对温室番茄产量及品质的影响[J]. 河南农业大学学报,2020, 54(2):209-215.
- [12] 王子宁. 氨基酸肥料与化肥配施对设施番茄产量与品质及氮素效应的研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2018:1-45.
- [13] Koukounaras A, Tsouvaltzis P, Siomos A S. Effect of root and foliar application of amino acids on the growth and yield of greenhouse tomato in different fertilization levels[J]. Journal of Food Agriculture and Environment, 2013, 11(2):644-648.
- [14] 刘一凡,杨丽娟,王红,等. 蚯蚓粪肥在农业生产中的应用效果及研究进展[J]. 土壤通报,2021,52(2):474-484.
- [15] 祁石刚. 蚓粪堆肥对番茄营养基质育苗效果的影响[J]. 北方园艺,2012(24):181-183.
- [16] 路迎奇,杨丽娟,史津玮,等. 蚓粪用量对温室番茄生长发育与产量和品质的调节[J]. 北方园艺,2019(6):77-82.
- [17] 刘学才,陈玲,李胜奇,等. 施蚯蚓粪对日光温室土壤及番茄产量与品质的影响[J]. 应用生态学报,2021,32(2):549-556.
- [18] 张振文,姚庆群. 主成分分析法在芒果贮藏特性分析中的应用[J]. 亚热带植物科学,2005(2):25-28,33.
- [19] 赵国栋,赵同生,李春敏,等. 11 个苹果野生砧木品种低温处理抗性指标的综合评价[J]. 西北林学院学报,2018,33(6):145-151.
- [20] 李洪磊,王晓敏,郑福顺,等. 基于主成分和隶属函数分析的不同果色番茄品种引种初步评价[J]. 云南大学学报(自然科学版),2021,43(2):402-411.
- [21] 巩雪峰,陈鑫,赵黎明,等. 109 份辣椒种质资源果实品质的分析与评估[J]. 长江蔬菜,2019(18):54-58.
- [22] 齐敏,陈海丽,唐晓伟,等. 不同来源菠菜品种营养品质分析与评价[J]. 中国蔬菜,2009(22):20-27.
- [23] 徐义康,高飞,施柳,等. 利用隶属函数法综合评价 8 个大白菜品种性状[J]. 浙江农林大学学报,2018,35(5):845-852.
- [24] 索荣臻,王明玖,赵天启,等. 不同饲用大豆品种(系)生产性能的综合评价[J]. 大豆科学,2020,39(6):848-855.
- [25] 李帅,刘长华,曹士亮,等. 30 个玉米杂交组合主要农艺性状鉴定与综合评价研究[J]. 黑龙江大学自然科学学报,2019,36(6):703-712.
- [26] Blanco F F, Folegatti M V. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants[J]. Horticultura Brasileira, 2003, 21(4):666-669.
- [27] 邹琦. 植物生理学指导[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [28] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [29] 刘中良,谷端银,张艳艳,等. 水氮因子耦合对日光温室基质栽培番茄品质、产量及水氮利用率的影响[J]. 中国农业科技导报,2019,21(2):111-119.
- [30] 韩顺斌,马丽君,华军,等. 蚯蚓粪和化肥配施对日光温室番茄产量和品质的影响[J]. 农业科技与信息,2020(13):19-21.
- [31] 梁斌,张丽艳,李孟林,等. 热淋清颗粒药材头花蓼的综合质量评价的方法:CN102590462A[P]. 2012-07-18.
- [32] 倪星,阚建全. 利用隶属函数法对不同采摘时间下拐枣成分的综合评价研究[J]. 陕西农业科学,2020,66(12):45-48.