

生物有机肥添加量对番茄幼苗生长的影响

李 蒙, 张梦媛, 龚守富*, 杨秀柯

(信阳农林学院园艺学院 / 信阳市大别山区园艺植物遗传改良重点实验室, 河南 信阳 464000)

摘 要:以番茄品种“合作 906”为试验材料, 将砻糠灰、草炭、蛭石按照体积比 5:3:2 混配作为栽培基质, 以不添加生物有机肥为对照, 通过添加不同量 (1%、2%、4%、8%) 的生物有机肥, 研究其对基质的理化性状、番茄幼苗的生长指标、光合色素含量、叶绿素荧光参数和酶活性等方面的影响。结果表明, 与对照相比, 施用生物有机肥可显著提高番茄幼苗根系活力和壮苗指数, 番茄叶片的净光合速率、气孔导度和蒸腾速率也显著升高, 以 4% 生物有机肥添加量效果最佳。此外, 施用 4% 生物有机肥可显著提高番茄幼苗叶片的有效光化学效率和 PS II 实际光化学效率, 且碳酸酐酶和 Rubisco 酶活性也显著增强。由此可见, 4% 生物有机肥添加量可以调节番茄叶片的光合酶活性, 增加光合色素含量, 提高光合作用能力, 促进番茄幼苗的生长发育, 可作为番茄穴盘育苗的最适添加量。

关键词:生物有机肥; 添加量; 番茄幼苗; 生长

近年来, 我国设施栽培取得了极大的发展, 而设施栽培生产的一大特点就是无土栽培技术的广泛应用。段彦丹等^[1]、李赛群等^[2]研究得出, 采用无土栽培基质育苗具有省地、省肥水、高产优质、清洁无污染、省工省力、可避免连作障碍、不受地区限制、可充分利用空间等优点, 拥有广阔的发展前景。

由于无土栽培的基质中含有的养分往往不能满足幼苗生长, 需在基质中增添养分。肥料作为增产增收的主要影响因素, 施用量也大幅度增长, 由此带来土壤性状恶化、生态环境污染等一系列问题。生物有机肥由特定功能微生物、畜禽粪便、农作物秸秆等经无害化处理和有机物分解而成, 兼有微生物肥料和有机肥的作用^[3]。为减少化肥的施用量, 缓解化肥对环境的污染, 可以用生物有机肥替代部分传统肥料使用。经过大量的研究发现, 生物有机肥的营养丰富, 能改善土壤结构、促进土壤微生物活动、增加土壤有机质、保护农业生态环境^[4]。张雪艳等^[5]研究表明, 适量生物有机肥的添加可以显著促进穴盘黄瓜幼苗的生长, 还可以提高基质的理化性质。将生物有机肥作为传统肥料的

替代品, 与基质栽培相结合, 是设施蔬菜栽培研究的方向之一。

番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 是国内外种植面积大、具有代表性的重点蔬菜作物之一。番茄具有产量高、维生素丰富、生长周期短、矿物质含量高等优点, 深受人们喜爱^[6]。水肥是促进番茄生长、增产增收的必要因素。因此, 确定科学合理的水肥供应量, 对提高番茄产量及品质具有重要意义。

本试验采用穴盘育苗的方法, 通过添加不同量的生物有机肥, 研究其对栽培基质的理化性状、番茄幼苗的生长及光合色素含量的影响, 以期在降低育苗成本的同时, 培育出优质的种苗, 为更好地利用生物有机肥提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

本试验于 2019 年 8 月 20 日 ~ 11 月 25 日在信阳农林学院试验基地温室大棚内进行。

供试番茄品种为“合作 906”, 采购于上海长种番茄种业有限公司。

供试生物有机肥为“威斯特” ($N+P_2O_5+K_2O \geq 5\%$, 有机质 $\geq 40\%$, 有效活菌数 2.12×10^7 个 $\cdot g^{-1}$, 其中, 细菌 1.70×10^7 个 $\cdot g^{-1}$, 真菌 3.20×10^6 个 $\cdot g^{-1}$, 放线菌 1.00×10^6 个 $\cdot g^{-1}$), 购于河南内乡牧原实业集团有限公司。

栽培基质的基质配比为砻糠灰:草炭:蛭石 =

收稿日期: 2020-03-21; 录用日期: 2020-08-14

基金项目: 信阳农林学院青年教师科研基金项目 (2019LG006); 河南省科技攻关计划项目 (172102110263); 2018 年度信阳农林学院专业综合改革试点建设项目 (ZYZHGC201803)。

作者简介: 李蒙 (1989-), 男, 河南信阳人, 讲师, 硕士。主要从事设施园艺与无土栽培研究。E-mail: limengnld@163.com。

通讯作者: 龚守富, E-mail: 939600830@qq.com。

5:3:2, 材料采购于信阳市上天梯恒源矿业有限公司。其理化性质见表 1。

表 1 栽培基质的理化性状

项目	数值
容重 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	0.26
总孔隙度	0.68
持水孔隙度	0.44
通气孔隙度	0.24
水气比	1.83
pH	5.71
电导率 ($\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$)	0.96

1.2 试验方案

前期筛选出最佳育苗基质配方, 砗糠灰: 草炭: 蛭石 = 5:3:2 (体积比), 在配好的基质中分别添加 1%、2%、4% 和 8% 的生物有机肥 (表 2), 搅拌混匀, 以不添加生物有机肥为对照 (CK), 分别装入穴盘, 做好标记, 浇透水, 催芽播种。育苗容器采用 50 孔穴盘, 每个穴盘播 1 粒种子, 每组处理播 50 株, 重复 3 次。待幼苗五叶一心时采样测定幼苗生长指标及基质的理化性状。

表 2 生物有机肥添加量 (%)

处理	生物有机肥添加量
CK	0
T1	1
T2	2
T3	4
T4	8

1.3 方法

1.3.1 基质理化性状

基质的容重与孔隙度的测定参照郭世荣^[7]的方法, 取适量栽培后的基质, 清除杂质后, 烘干备用。孔隙度的测定方法: 将烘干的基质加满至体积 120 mL 的烧杯中, 表面刮平后称重; 烧杯口用两层纱布包住, 然后将容器放入水中浸泡 24 h, 取出称重; 仍用两层纱布封起, 将容器倒置, 使容器内的水分可以自然流出, 2 h 后, 待无水分渗出后称重, 最后计算。容重的测定方法: 将烘干的基质以自然状态盛满体积 120 mL 的烧杯中, 将基质从容器中倒出称重。

电位计法测量土壤 pH, 取烘干后的基质 10 g 浸泡于 50 mL 去离子水中, 3 h 后过滤, 取滤液用电

位计测定 pH。

采用 1:5 土壤悬液电导法 (电导仪法) 测量土壤电导率, 将基质烘干, 取 10 g 浸泡于 50 mL 去离子水中, 3 h 后过滤, 取滤液用电导仪测定土壤电导率。

1.3.2 光合色素含量

光合色素含量的测定采用乙醇、丙酮、水混合液浸提法, 取番茄幼苗生长点下第 3 片完全展开的功能叶, 清洗干净后用纸巾擦干, 剪碎后称取 0.1 g, 加 12.5 mL 混合浸提液, 摇晃后放在黑暗条件下, 浸泡至叶片全部发白, 用之前的浸提试剂作为空白对照测定吸光值, 选择波长 663、646、470 nm 比色^[8]。

1.3.3 生长指标

采用 TTC 法测定根系活力, 取待测植株根部剪碎, 称取 0.25 g 放入试管中, 加 0.4% TTC 和磷酸缓冲液各 2.5 mL, 把根完全浸入, 37℃ 下暗处保温 1 h, 然后加入 1 mol · L⁻¹ 硫酸停止反应, 放置 15 min 后, 将溶液倒出, 加入 10 mL 甲醇, 使根尖完全浸入, 置于 30 ~ 40℃ 恒温箱中, 使根尖完全变白为止。以甲醇作对照, 使用分光光度计在 485 nm 下比色^[9]。制作标准曲线, 进行计算。

直尺测定株高 (根基到生长点长度为株高); 游标卡尺测茎粗 (子叶下 1 cm 处的粗度为茎粗)^[10]; 电子分析天平称量植株鲜重; 烘干法测定干重, 将植株放入烘箱, 在 105℃ 条件下杀青 15 min, 然后将温度调至 75℃ 烘干至恒重, 待温度降低后取出, 用电子分析天平称量干重; 测量植株叶面积, 用比重法计算出番茄幼苗叶面积; 用排水法测出根体积。

1.3.4 光合参数和荧光参数

选取从生长点数第 3 片营养叶, 于晴天 9:00 至 11:00 间采用便携式光合测定系统 (Li-6400, 美国) 进行光合参数和荧光参数的测定。

1.3.5 碳酸酐酶和核酮糖 -1, 5- 二磷酸羧化酶 (Rubisco) 活性

选取从生长点数第 3 片营养叶, 清洗干净后剪碎, 用电子分析天平称取 0.5 g, 参照李西腾等^[11]的方法, 采用巴比妥缓冲液研磨, 然后用 pH 计法测定碳酸酐酶活力; 参照王盾^[12]的方法测定 Rubisco 初始活力。

1.4 数据处理

试验所得的数据结果使用 SPSS 20.0 和 Excel 2010 进行处理和数据分析。平均值多重比较采用

最小显著极差法 (LSD), 处理之间的差异显著性采用单因素方差分析评价。

2 结果与分析

2.1 基质的理化性状

由表3可知, 随着生物有机肥添加量的增加, 栽培基质的总孔隙度和通气孔隙度呈现上升趋势, 但水气比和持水孔隙度呈下降趋势; T3处理的容重和水气比最小, 而总孔隙度和通气孔隙度最大, CK的容重和水气比最大; 添加生物有机肥后, 基质的容重、持水孔隙度和水气比有所降低, 基质的通气状况有所改善。各处理基质的pH在5.89~6.51范围内, 符合无土栽培中基质最佳pH需呈中性或弱酸性的要求。与处理CK相比, 各处理的pH和电导率较高, 表明基质中添加一定量的生物有机肥, 基质的pH和电导率得到了不同程度的改善。

表3 基质的理化性状

处 理	容重 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	总孔 隙度	通气 孔隙度	持水 孔隙度	水气 比	pH	电导率 ($\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$)
CK	0.65a	0.64ab	0.16bc	0.48a	3.00a	5.90b	0.66d
T1	0.63ab	0.63b	0.17b	0.46ab	2.71ab	5.93b	1.06cd
T2	0.63b	0.62b	0.18b	0.44b	2.44b	6.43a	1.41c
T3	0.62b	0.66a	0.23a	0.43c	1.87c	6.51a	2.29b
T4	0.64a	0.65a	0.20ab	0.45ab	2.25b	5.89bc	3.21a

注: 同一列中不同小写字母表示有显著性差异 ($P < 0.05$)。下同。

2.2 生物有机肥不同添加量对番茄幼苗叶片光合色素含量的影响

由图1可知, 与其他处理相比, T3处理的番茄幼苗的叶绿素a、叶绿素b、类胡萝卜素含量和叶绿素总量有显著差异。随着生物有机肥添加量的增加, 番茄叶片的叶绿素总量、叶绿素b、叶绿素a和类胡萝卜素含量呈递增趋势, 并在T3处理达到

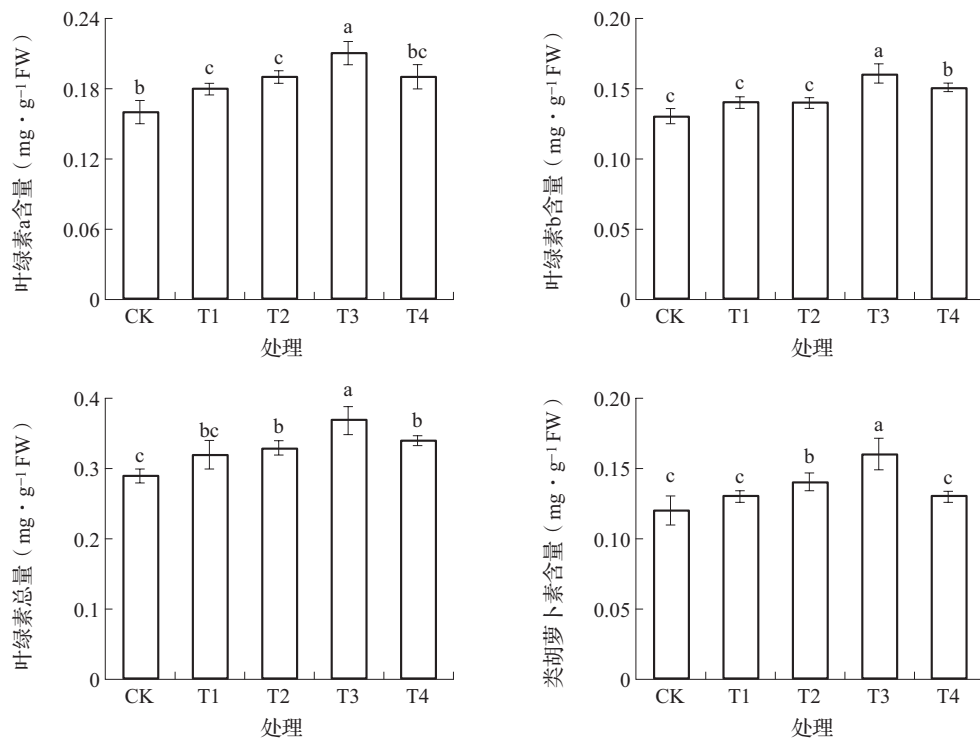


图1 生物有机肥不同添加量对番茄幼苗光合色素含量的影响

注: 不同小写字母表示各处理间有显著差异 ($P < 0.05$)。下同。

峰值。表明添加一定量的生物有机肥可以提高番茄幼苗叶片中的叶绿素含量, 从而提高植株的光合能力。

2.3 生物有机肥不同添加量对番茄幼苗叶片和根系的影响

由表4可知, CK的根系活力、叶面积等指标

明显小于其他处理, T3处理的番茄幼苗的叶面积最大, 与其他处理相比达到了显著水平; 各处理植株的最大根长和根体积无显著差异; 随着生物有机肥施用量的增加, 植株的根系活力和壮苗指数呈递增趋势, 并在T3时达到最大。由此可知, 施用生

物有机肥可以促进番茄幼苗生长, 且以 4% 的生物有机肥添加量为最佳。

表 4 生物有机肥不同添加量对番茄幼苗叶片和根系的影响

处理	根系活力 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	壮苗 指数	根体积 (cm^3)	最大根 长 (cm)	叶面积 (cm^2)	叶片数
CK	62.51d	0.12b	0.50a	15.98a	28.35c	4.33b
T1	84.51c	0.16b	0.50a	16.15a	38.34c	5.33b
T2	91.11bc	0.19ab	0.63a	16.97a	54.31b	5.67a
T3	107.46a	0.25a	0.73a	17.17a	90.62a	5.33ab
T4	101.56ab	0.24a	0.50a	13.48a	61.55b	5.67a

2.4 生物有机肥不同添加量对番茄幼苗生长的影响

由表 5 可知, T3 处理的番茄幼苗的地上鲜重、地上干重、株高、茎粗最大且与其他处理相比差异显著; T3、T4 处理的番茄幼苗的地下鲜重无显著差

表 5 生物有机肥不同添加量对番茄幼苗生长的影响

处理	地上鲜 重 (g)	地下鲜 重 (g)	地上干 重 (g)	地下干 重 (g)	株高 (cm)	茎粗 (mm)
CK	1.36c	0.38b	0.16c	0.02a	6.85c	2.71c
T1	2.10bc	0.55b	0.24bc	0.03a	8.60bc	3.08c
T2	2.98b	0.60b	0.31b	0.05a	9.73b	3.51b
T3	4.80a	0.86a	0.45a	0.06a	12.97a	4.02a
T4	2.77b	0.64ab	0.29b	0.03a	9.38b	3.56b

异, 但都显著高于 CK、T1 和 T2 处理; 随着生物有机肥添加量的增加, 番茄幼苗的地下干重呈现递增趋势, 并在 T3 达到峰值。由此可知, 施用生物有机肥对番茄幼苗的生长有促进作用, 且处理 T3 植株的生长状况最好。

2.5 生物有机肥不同添加量对番茄幼苗叶片光合气体交换参数的影响

从图 2 可以看出, T3 处理的番茄幼苗叶片的气孔导度和胞间 CO_2 浓度高于其他处理, 但其各处理间并无显著差异; T1、T2、T3 处理的番茄幼苗叶片的净光合速率得到了不同程度的提高, 分别比 CK 提高了 12.2%、23.2%、31.6%, 且 T3 与 T1、T2 之间差异显著; 番茄幼苗叶片的蒸腾速率呈上升趋势, 在 T3 处理达到峰值, 而 T4 处理有明显的抑制效果。

2.6 生物有机肥不同添加量对番茄幼苗叶绿素荧光参数的影响

由图 3 可知, 各处理番茄幼苗的 PS II 最大光化学效率在 0.80 到 0.88 之间, 并且没有显著差异; 随着生物有机肥添加量的增加, 各处理番茄幼苗的 PS II 实际光化学效率、有效光化学效率、电子传递速率均呈上升趋势, 且处理 T3 最大, 与其他处理差异显著。结果表明, 与其他处理相比, 处理 T3 不同

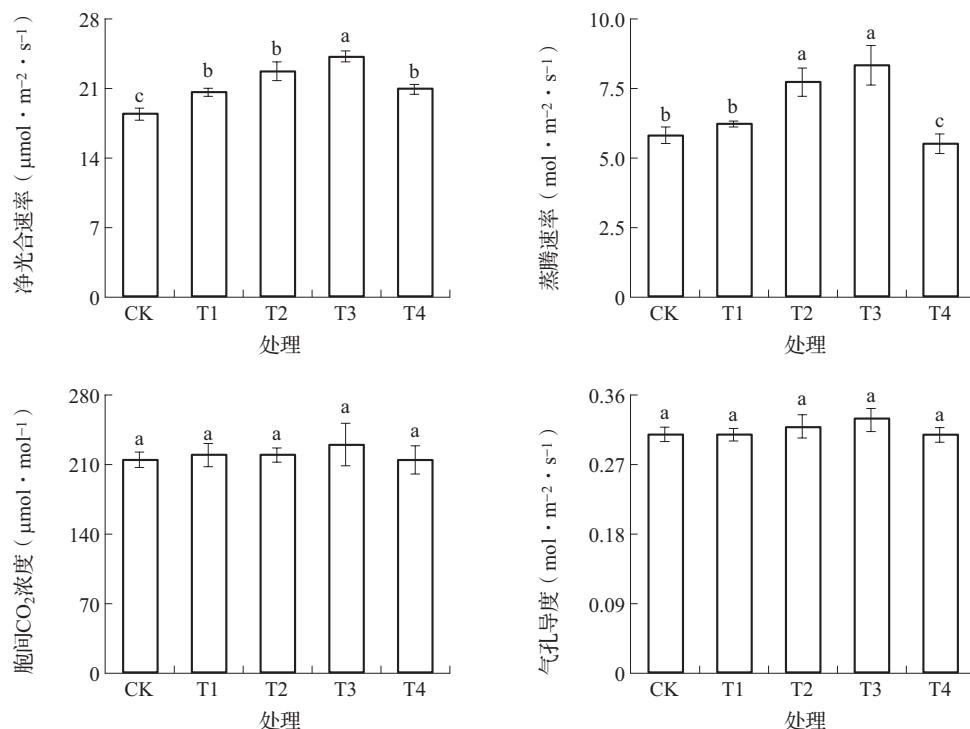


图 2 生物有机肥不同添加量对番茄幼苗叶片光合气体交换参数的影响

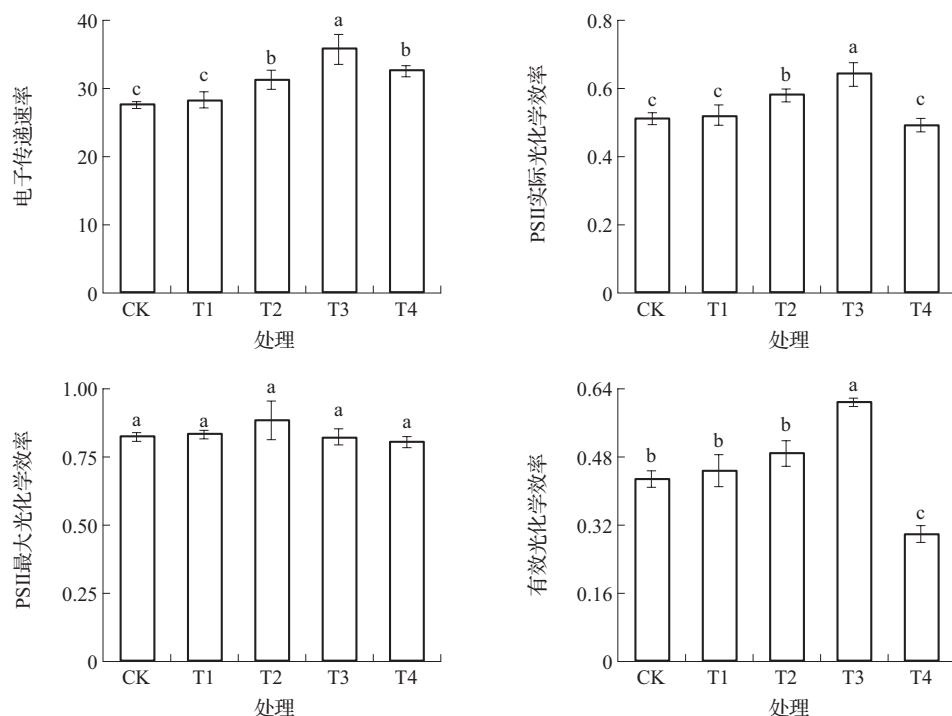


图3 生物有机肥不同添加量对番茄幼苗叶绿素荧光参数的影响

程度上提高了番茄幼苗的PS II实际光化学效率、有效光化学效率、PS II最大光化学效率和电子传递速率,有效促进了植株光合电子的传递能力和同化力的形成,从而提高番茄叶片的光合作用能力。

2.7 生物有机肥不同添加量对番茄幼苗叶片碳酸酐酶和 Rubisco 活性的影响

由图4可知,施用不同添加量的生物有机肥能

显著提高番茄幼苗碳酸酐酶的活性,与CK相比分别提高了32.5%、50.5%、75.7%、44.3%,且处理T3与其他处理差异显著;同时,番茄幼苗Rubisco的活性随生物有机肥添加量的增加,与CK相比分别提高12.2%、19.1%、34.8%、5.2%,并以处理T3的应用效果最好。

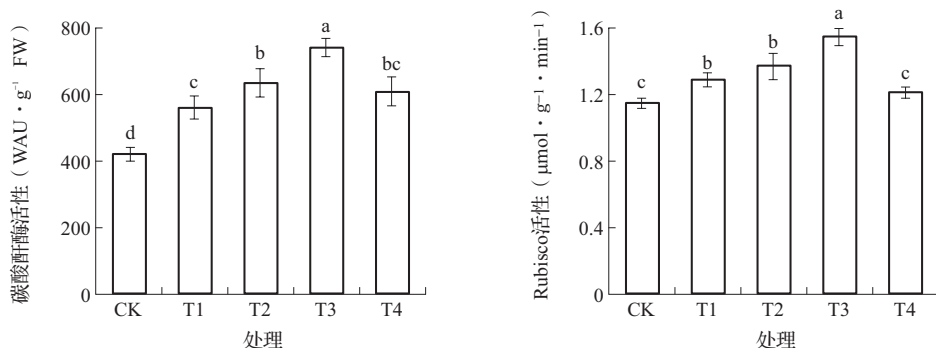


图4 生物有机肥不同添加量对番茄叶片碳酸酐酶和 Rubisco 活性的影响

3 讨论与结论

无土栽培是以水、草炭、蛭石等材料作为固定植物根系的基质,从而使植物根系直接与营养液接触的栽培方法。无土栽培中固体基质应具有良好的理化性状,为植株根系的生长发育提供充足的水

分、氧气和植株生长所需的营养元素^[13]。

本试验中,CK处理基质的通气孔隙度最小,水气比最大,番茄幼苗的生长状况最差,T3处理的番茄幼苗生长状况最好,基质的通气孔隙度相比于CK处理有所增大,水气比有所降低。由此可知,施用生物有机肥对基质的通气状况有一定程度

的改善。pH 和电导率对植株的生长发育也有着十分重要的作用,中性或弱酸性是适宜番茄植株生长的 pH, T3 处理的栽培基质 pH 为 6.51, 与无土栽培的理想 pH 相近, 这也是 T3 处理番茄幼苗生长状况好的原因。电导率反映了基质中水溶性离子的总浓度, 电导率过高或者过低都不利于植株的生长, 电导率过高, 会造成烧根, 电导率过低, 则无法提供植株生长所需的矿质元素^[14-15]。本次试验中 CK 和 T1 的电导率明显过低, 不利于番茄幼苗生长, 而 T3 的电导率则较为合适。试验表明, 施加生物有机肥对基质的理化性状有改良作用, 有利于番茄幼苗的生长。

植物重要的能量来源之一就是光合作用, 绿色植物可以通过叶绿素利用光能进行光合作用, 把 CO₂ 和水转化成贮存着能量的有机物, 所以叶绿素的含量影响着植物的光合作用和干物质质量的积累^[16-17]。结果表明, 与其他处理相比, T3 处理的番茄幼苗叶片中的叶绿素 a、叶绿素 b 含量和叶绿素总量最高, 其株高、茎粗、最大根长、根体积、根系活力、植株干鲜重也均优于其他处理, 表明施用 4% 生物有机肥能大大提高番茄幼苗叶片中叶绿素的含量, 其光合能力也明显增加, 有利于番茄幼苗的生长发育。

光合作用是构成植物生产力的最主要因素^[18]。气孔因素和非气孔因素是叶片光合作用速率降低的主要原因, 判断的依据主要是气孔导度和胞间 CO₂ 浓度的变化方向^[19]。本试验中, 施用不同添加量的生物有机肥使得番茄幼苗叶片的净光合速率和蒸腾速率均有明显提高, 但对气孔导度和胞间 CO₂ 浓度并无显著影响, 表明施用生物有机肥可能是通过调节非气孔因素进而提高番茄幼苗的光合作用。

叶绿素荧光参数能反映植物叶片光合系统 PS II 对光能的吸收和利用情况^[20-22], F_v/F_m 、 Φ_{PSII} 、 F_v'/F_m' 和 ETR 分别反映 PS II 最大光化学效率、PS II 实际光化学效率、有效光化学效率和电子传递速率^[23]。PS II 的最大光化学效率在非胁迫条件下变化极小, 且不受物种和生长条件的影响, 生物有机肥不同添加量对番茄幼苗的 PS II 最大光化学效率没有显著影响, 说明各处理的光系统 II 的反应中心没有受到显著影响; Φ_{PSII} 的大小与 PS II 反应中心的开放程度和电子传递能力有关^[24-25], 处理 T3 的 Φ_{PSII} 较高于其他处理, 说明处理 T3 提高了 PS II 的实际光化学效率, 促进了植株同化力的形成, 增强了光合

电子传递能力, 进而提高了番茄幼苗叶片的光合效能。

碳酸酐酶能催化 CO₂ 和 HCO₃⁻ 之间相互转化, 降低 CO₂ 在叶肉细胞中扩散时受到的阻力, 促进 CO₂ 向 Rubisco 扩散, 从而为羧化反应提供底物^[26]; 同时, Rubisco 是卡尔文循环的关键因子, 在碳同化过程中起固定 CO₂ 的重要作用, 可以有效提高植物光合速率^[27]。在本试验中, 碳酸酐酶和 Rubisco 的活性随生物有机肥添加量的增加而显著提高, 从而促进碳同化, 实现增加光合产物的积累。

综上所述, 施用 4% 生物有机肥可明显改善基质的理化性状, 促进番茄幼苗的生长发育, 具有显著的生态和经济效益, 可以作为番茄穴盘育苗的最适肥料添加量。

参考文献:

- [1] 段彦丹, 樊力强, 吴志刚, 等. 蔬菜无土栽培现状及发展前景 [J]. 北方园艺, 2008 (8): 63-65.
- [2] 李赛群, 肖光辉, 王志伟. 有机生态型无土栽培的基质和施肥技术研究进展 [J]. 湖南农业大学学报, 2013, 39 (2): 194-199.
- [3] 林瑞, 任海英, 安笑笑, 等. 生物有机肥对杨梅凋萎病防控及其树势恢复的影响 [J]. 浙江农业学报, 2019, 31 (7): 1096-1104.
- [4] 王燕云, 赵龙杰, 郝春莉, 等. 生物有机肥对不同连作年限设施黄瓜土壤微生物数量和酶活性的影响 [J]. 浙江农业学报, 2019, 31 (4): 631-638.
- [5] 张雪艳, 田蕾, 高艳明, 等. 生物有机肥对黄瓜幼苗生长、基质环境以及幼苗根系特征的影响 [J]. 农业工程学报, 2013, 29 (1): 117-125.
- [6] 张娟, 马福生, 杨胜利, 等. 不同灌水上下限对温室白萝卜产量、品质及 WUE 的影响 [J]. 节水灌溉, 2016 (4): 31-36.
- [7] 郭世荣. 无土栽培学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003. 140-142.
- [8] 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. 45-112.
- [9] Yamauchi T, Watanabe K, Fukazawa A, et al. Ethylene and reactive oxygen species are involved in root aerenchyma formation and adaptation of wheat seedlings to oxygen-deficient conditions [J]. J Exp Bot, 2014, 65 (1): 261-273.
- [10] 曹丹, 宗良纲, 肖峻, 等. 生物肥对有机黄瓜生长及土壤生物学特征的影响 [J]. 应用生态学报, 2010, 21 (1): 2587-2592.
- [11] 李西腾, 赵新政, 阙小峰, 等. 盐胁迫对油菜碳酸酐酶活性的影响 [J]. 农机化研究, 2006 (8): 134-136.
- [12] 王盾. Rubisco 活化酶大小同工型与水稻光合作用的关系研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2009.

- [13] 程斐, 孙朝晖, 赵玉国, 等. 芦苇末有机栽培基质的基本理化性能分析 [J]. 南京农业大学学报, 2001, 24 (3): 19–22.
- [14] 李蒙, 杜静, 束胜, 等. 樱桃番茄栽培醋糟基质配方研究 [J]. 沈阳农业大学学报, 2015, 46 (1): 19–25.
- [15] 宋晓晓. 不同配比有机基质对生菜生长、产量及品质的影响 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- [16] 陈新斌, 孙锦, 郭世荣, 等. 二硫苏糖醇对海水胁迫下菠菜活性氧代谢及叶绿素荧光特性的影响 [J]. 园艺学报, 2012, 39 (12): 2457–2467.
- [17] 陈新斌, 孙锦, 郭世荣, 等. 海水胁迫对菠菜叶绿素代谢的影响 [J]. 西北植物学报, 2012, 32 (9): 1781–1787.
- [18] 韩志平, 郭世荣, 焦彦生, 等. NaCl 胁迫对西瓜幼苗生长和光合气体交换参数的影响 [J]. 西北植物学报, 2008, 28 (4): 745–751.
- [19] 刘超杰, 郭世荣, 束胜, 等. 醋糟基质粉碎程度对辣椒幼苗生长和光合能力的影响 [J]. 农业工程学报, 2010, 26 (1): 330–334.
- [20] 赵丽英, 郭西平, 山仑. 渗透胁迫对小麦幼苗叶绿素荧光参数的影响 [J]. 应用生态学报, 2005, 16 (7): 1261–1264.
- [21] Ralph P J, Gademann R. Rapid light curves: a powerful tool to assess photosynthetic activity [J]. Aquatic Botany, 2005, 82 (3): 222–237.
- [22] 郭相平, 王甫, 王振昌, 等. 不同灌溉模式对水稻抽穗后叶绿素荧光特征及产量的影响 [J]. 灌溉排水学报, 2017, 36 (3): 1–6.
- [23] 张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论 [J]. 植物学通报, 1999 (4): 444–448.
- [24] Yuet P K. A simulation study of electrostatic effects on mixed ionic micelles confined between two parallel charged plates [J]. Langmuir, 2004, 20 (19): 7960–7971.
- [25] Maxwell K, Johnson G N. Chlorophyll fluorescence—a practical guide [J]. Journal of Experimental Botany, 2000, 51: 659–668.
- [26] Tiwari A, Kumar P, Singh S. Carbonic anhydrase in relation to higher plants [J]. Photosynthetica, 2005, 43 (1): 1–11.
- [27] Parry M A J, Madgwick P J, Carvalho J F C. Prospects for increasing photosynthesis by overcoming the limitations of Rubisco [J]. Journal of Agricultural Science, 2007, 145: 31–43.

Effects of bio-organic fertilizer addition on growth of tomato seedlings

LI Meng, ZHANG Meng-yuan, GONG Shou-fu*, YANG Xiu-ke (College of Horticulture, Xinyang Agriculture and Forestry University, Key Laboratory of Horticultural Plants Genetic Improvement, Xinyang Dabie Mountain, Xinyang Henan 464000)

Abstract: Tomato variety “Hezuo 906” was used as the test material, rice husk ash, peat and vermiculite were mixed as a cultivation substrate according to 5:3:2 (volume percentage), and no application of bio-organic fertilizer was used as control, the effects of different addition ratios (1%, 2%, 4%, 8%) of bio-organic fertilizer on the physical and chemical properties of the substrates, the growth of tomato seedlings, photosynthetic pigment content, chlorophyll fluorescence parameters and enzyme activity in the leaves were studied. The results showed that, compared to control, the application of bio-organic fertilizer significantly improved the root vigor and seedling index of tomato seedlings, the net photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration rate of tomato leaves, and the effect of 4% bio-organic fertilizer addition was the best. The addition of 4% bio-organic fertilizer significantly improved Φ_{PSII} and F_v'/F_m' in tomato seedling leaves, and the activities of carbonic anhydrase and Rubisco were also enhanced. It can be seen that the addition of 4% bio-organic fertilizer can regulate the photosynthetic enzyme activity of tomato leaves, increase the content of photosynthetic pigments, increase the photosynthetic capacity, and promote the growth and development of tomato seedlings. It can be used as the optimal addition amount for tomato plug seedlings.

Key words: bio-organic fertilizer; addition; tomato seedlings; growth