

李 蒙,朱思远,张可馨,等. 生物有机肥用量对基质特性、黄瓜幼苗生长生理和营养元素积累的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(15):112-121.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.15.017

生物有机肥用量对基质特性、黄瓜幼苗生长生理和营养元素积累的影响

李 蒙,朱思远,张可馨,袁童瑶,蔡东升,申 君

(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:为提高生物有机肥利用率,培育优质的黄瓜种苗,以豫艺绿如意黄瓜种子为研究对象,采用穴盘育苗方法,以草炭:蛭石:珍珠岩=1:1:1(体积比)为育苗基质,在基质中分别加入 30、60、90、120 g 生物有机肥,以不添加生物有机肥为对照 CK,研究不同用量的生物有机肥对基质理化特性、微生物总量、酶活性及黄瓜幼苗生长的影响。结果表明:在基质中添加一定量的生物有机肥,可以改善基质容重及孔隙度,提高基质的 pH 值和可溶性盐浓度(EC 值),显著增加基质微生物总量;添加生物有机肥可提高基质酶活性,T2 处理下,基质蔗糖酶和脲酶活性最高,相比 CK 分别提高了 24.3% 和 35.2%;生物有机肥可显著促进黄瓜幼苗生长,T2 处理下,黄瓜幼苗茎粗、叶面积、全株质量和叶片叶绿素总量等指标优于其他处理,相比于 CK 分别提高了 11.0%、21.7%、32.0%、15.0%;添加生物有机肥还可增加黄瓜幼苗营养元素的积累。综上所述,添加生物有机肥可以有效改善基质的理化特性,提高基质酶活性,促进黄瓜幼苗生长及营养元素的积累,并以 60 g 添加量为最佳。

关键词:生物有机肥;基质;黄瓜幼苗;生长;营养元素;酶活性

中图分类号:S642.206 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)15-0112-09

我国作物产量的稳定增长与化肥的施入分不开。据不完全统计,我国农业化肥的施用量约占世界的 1/3,而这个数据还在继续增加^[1]。我国化肥的超量使用导致土地状况严重下降,土壤重金属含量增加,从而引起土壤板结,微生物生物量下降,土壤出现酸化等现象。化肥施用过多,导致大量营养元素在作物体内积累,无法被作物利用,影响作物品质^[2]。自 2015 年我国开始重视农业中化肥施用过量导致的污染问题,并积极提出相关解决政策。大量研究表明,施用生物有机肥可改善这一问题。王秀梅的研究表明,在大田中用有机肥代替 10%~20% 化肥用量,与市面推荐的化肥用量相比,对玉米

的产量没有明显的影响,又能达到减少化肥用量的目的^[3]。刘兴娥等的研究表明,在减少化肥用量的同时增施有机肥和钾肥,能减产增效^[4]。

生物有机肥是以畜禽粪便等有机物料作为基质和载体,加入一定比例的营养元素等无机成分,并加入有利于作物根系扩散等特定功能的微生物,经过无害化、腐熟等处理后形成的一类兼具有机肥和微生物功能效应的肥料^[5-7]。生物有机肥具有化肥的速效性、有机肥的长效性、微量元素的增效性和调节剂的促效性,缓释土壤养分的潜效性等作用,具有提高土壤肥力、改善土壤质地、增加土壤中微生物数量的作用^[8-9]。李蒙等的研究表明,在基质中添加生物有机肥可明显改善基质的理化特性,生物有机肥在适宜的用量范围内有利于辣椒形成壮苗^[10]。郑文廉等研究表明,施用生物有机肥能有效增加西瓜的生长指标,减少病虫害,有利于培育优质健壮的西瓜^[11]。郭又奇研究表明,生物有机肥可以显著增加小油菜的产量,具有推广价值^[12]。

植物对营养元素吸收的不足会限制植物生长;叶片作为植物同化物质的部位,它可以反映外界营养是否满足植物生长的需要^[13]。罗军等的研究表明,在大田中施用生物有机肥能有效增加芦蒿的株高、茎粗和单株叶片数^[14]。赵强研究表明,在试验

收稿日期:2022-09-19

基金项目:河南省高等学校重点科研项目(编号:21B210009);河南省科技攻关计划(编号:172102110263);信阳农林学院高水平科研孵化器建设项目(编号:FC1202101);信阳农林学院青年教师科研基金(编号:2019LG006、2018LG005);信阳农林学院设施作物栽培关键技术及其装备智能化研究科技创新团队项目(编号:XNKJTD-011)。

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

通信作者:申 君,博士,副教授,主要从事设施蔬菜栽培与病虫害防治研究。E-mail:shenjun996@163.com。

田中添加生物有机肥,可有效提高旱柳皮、树枝、叶片的营养元素含量^[15]。杜天宇研究表明,添加有机肥和生物有机肥均能促进核桃叶片内的氮、磷、钾、钙元素含量^[16]。

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)含水量很高,含大量维生素及少量钙、磷、铁等,具有清热解毒、生津止渴等功效^[17]。近年来,黄瓜栽培规模逐渐扩大,栽培方式多种多样,关于黄瓜育苗及栽培基质种类的研究较多,但在育苗基质中添加生物有机肥,研究其用量对黄瓜幼苗的生长及营养元素积累的影响却鲜有报道。

本试验采用穴盘育苗的方式,通过在基质中添加不同量的生物有机肥,研究其对基质理化特性、微生物数量、基质酶活性及黄瓜幼苗生长生理等指标的影响,以期筛选出适宜黄瓜育苗的生物有机肥用量,为进一步合理利用生物有机肥及培育黄瓜壮苗提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试黄瓜种子为豫艺绿如意,购于河南豫艺种业科技发展有限公司;育苗基质为草炭、蛭石、珍珠岩,体积比为1:1:1,购于信阳市上天梯恒源矿业有限公司;供试生物有机肥为威斯特(N、P₂O₅、K₂O含量5.5%,有机质含量≥42%,有效活菌(枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌、侧孢芽孢杆菌等)数为 2.34×10^9 个/g,其中细菌(枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌等)有 1.92×10^8 个/g,真菌(菌根真菌、米曲霉)有 3.53×10^7 个/g,其他菌种(泾阳链霉菌)有 1.03×10^7 个/g),购于牧原实业集团有限公司。

1.2 试验方案

试验开始于2021年4—6月,在信阳农林学院园艺学院实训基地物联网温室内进行。以草炭:蛭石:珍珠岩体积比1:1:1为育苗基质,分别在基质中加入30、60、90、120 g的生物有机肥,以不添加生物有机肥为对照(CK),共设置5个处理,每个处理重复3次(表1)。

采用穴盘育苗,育苗盘为50孔,每个穴盘基质总量为500 g,单株幼苗的基质量为10 g。先对穴盘进行清洗、消毒,然后将按比例混配好的基质装入50孔的穴盘中。之后将黄瓜种子进行温汤浸种,用浸湿的纱布包住种子,在恒温培养箱26~30℃中进行催芽。经过24 h左右,查看种子是否露白,待种

表1 不同生物有机肥用量

处理	生物有机肥用量(g)
CK	0
T1	30
T2	60
T3	90
T4	120

子全部露白后,进行压穴播种,每穴1粒种子。每日查看种子出苗状况,待幼苗3叶1心时,每个小区随机选择3株幼苗,测定各项指标。

1.3 试验方法

1.3.1 基质理化性状 分别称取栽培前和栽培后的基质,参照郭世荣的方法,对基质进行容重、总孔隙度、通气孔隙、持水孔隙的测定^[18];基质pH值采用PHS-3C型笔式酸度计测定;基质可溶性盐浓度(EC值)采用DDSJ-308A型电导率仪测定。

1.3.2 基质微生物数量 基质内细菌、真菌、放线菌的数量采用稀释平板涂布法测定^[19]。

1.3.3 基质酶活性 基质蔗糖酶活性采用3,5-二硝基水杨酸比色法^[20]测定;基质脲酶活性采用靛酚比色法测定;基质碱性磷酸酶活性采用磷酸苯二钠法测定;基质过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法^[21]测定。

1.3.4 生长指标 用直尺测量黄瓜幼苗株高,用游标卡尺测量茎粗,用分析天平测量干质量、鲜质量,用排水法测量根体积;黄瓜幼苗叶面积采用方格计数法^[22];利用公式计算出壮苗指数(壮苗指数=茎粗/株高×叶面积);根系活力采用氯化三苯基四氮唑(TTC)法^[23]。

1.3.5 叶绿素含量 叶绿素含量采用无水乙醇和丙酮混合液浸提法^[24]测定。将黄瓜幼苗叶片洗净并擦干水分,剔除叶片中脉将叶片剪碎,称取0.2 g放入配置好的混合液中,定容至20 mL,置于黑暗条件下,直至叶片发白,将溶液定容至25 mL,摇匀备用;以浸提液为空白对照,用分光光度计按要求在不同波长进行吸光度的测定。最终计算叶片所含叶绿素和类胡萝卜素等含量。

1.3.6 光合参数 选择长势相对一致的幼苗,于09:00—11:00取各处理生长点以下第3张真叶,采用美国LICOR公司生产的Li-6400便携式光合仪测定净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间CO₂浓度(C_i)、蒸腾速率(T_r)等指标,每个处理重复3次。

1.3.7 黄瓜幼苗碳酸酐酶与 RuBP 羧化/加氧酶 (Rubisco) 活性 选择长势相对一致的幼苗,取植株生长点以下第 1 张叶,准确称取 0.5 g,在 4.5 g 100 mmol/L 预冷的磷酸缓冲液中研磨,将提取液在 4 ℃ 下以 3 000 g 离心 20 min,取上清液,碳酸酐酶及 Rubisco 酶活性均使用酶联免疫吸附测定 (ELISA) 试剂盒进行测定,用酶标仪在 450 nm 波长下测定吸光值,再根据标准曲线计算酶活性^[25]。

1.3.8 黄瓜幼苗营养元素含量 植株内氮含量、磷含量和钾含量的测定分别采用凯式定氮法、钒钼黄比色法、火焰光度法^[26];钙、镁、铁含量使用 ZEE nit 700 原子吸收光谱仪进行测定。

1.4 数据处理

采用 SPSS 20.0 软件进行试验数据的显著性分析,采用 Excel 2010 进行数据处理和制图。

2 结果与分析

2.1 栽培前后基质理化性质

由表 2 可知,栽培前的基质 CK 的容重最大,为 0.32 g/cm³,T2 处理的容重最小,为 0.26 g/cm³;各处理的持水孔隙、通气孔隙与 CK 相比均有明显的

改善,基质 T2 处理大小孔隙比最大。随着生物有机肥用量的增加,栽培前基质的 pH 值呈上升趋势,范围在 6.64~7.20 之间,T4 处理 pH 值最高;CK 的 EC 值最低,为 1.06 mS/cm,T2 处理的 EC 值最高,为 1.35 mS/cm,显著高于 CK 处理,符合黄瓜种苗生长的 EC 值范围。

栽培后的容重在 0.29~0.36 g/cm³ 之间,CK 最大,T2 处理最小,与 CK 相比降低了 19.4%;T2 处理的总孔隙度最大,较 CK 提高了 10.9%;栽培后 T2 处理的大小孔隙比最大,CK 最小。CK 的 pH 值最小,为 5.28;T4 处理最大,为 6.24,与 CK 相比提高了 18.2%;T2 处理 EC 值最高,T4 处理次之,CK 最小。

2.2 生物有机肥用量对基质微生物数量的影响

由图 1 可知,T4 处理细菌和放线菌数量最高,分别为 6.59×10⁴、2.42×10⁴ CFU/g,CK 细菌和放线菌数量最低,与 CK 相比分别提高了 14.8%、37.5%;T3 处理的真菌数量最高,CK 最小,与 CK 相比增加了 30.1%。微生物总量随着生物有机肥用量的增多而逐渐上升,T4 处理最大,为 12.73×10⁴ CFU/g,CK 最小,为 9.55×10⁴ CFU/g,T4 处理与 CK 相比增加 33.3%。

表 2 栽培前后基质理化性质

取样时间	处理	容重 (g/cm ³)	通气孔隙度	持水孔隙度	总孔隙度	大小孔隙比	pH 值	EC 值 (mS/cm)
栽培前	CK	0.32±0.01a	0.10±0.01b	0.34±0.00b	0.44±0.01c	0.29±0.02a	6.64±0.11c	1.06±0.14c
	T1	0.29±0.01b	0.10±0.00b	0.34±0.00b	0.45±0.00c	0.30±0.01a	6.75±0.12bc	1.13±0.15b
	T2	0.26±0.01c	0.12±0.01a	0.35±0.01ab	0.47±0.00a	0.34±0.03a	6.85±0.03bc	1.35±0.12a
	T3	0.28±0.01c	0.10±0.02b	0.36±0.02a	0.46±0.01b	0.31±0.05a	6.92±0.10b	1.29±0.32b
	T4	0.29±0.01b	0.11±0.01ab	0.35±0.01ab	0.46±0.01b	0.31±0.03a	7.20±0.21a	1.22±0.13b
栽培后	CK	0.36±0.01a	0.11±0.00b	0.35±0.00a	0.46±0.00a	0.31±0.01b	5.28±0.13b	0.88±0.08b
	T1	0.32±0.01b	0.11±0.00b	0.36±0.03a	0.48±0.03a	0.31±0.01b	5.63±0.35ab	1.02±0.08b
	T2	0.29±0.01c	0.14±0.01a	0.37±0.01a	0.51±0.02a	0.37±0.02a	5.91±0.11ab	1.15±0.21a
	T3	0.30±0.01c	0.12±0.01b	0.37±0.02a	0.49±0.02a	0.32±0.03ab	6.05±0.10a	1.07±0.11b
	T4	0.35±0.00a	0.12±0.01b	0.37±0.02a	0.49±0.02a	0.32±0.04ab	6.24±0.63a	1.10±0.13b

注:同列数字后小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。表 3 至表 6 同。

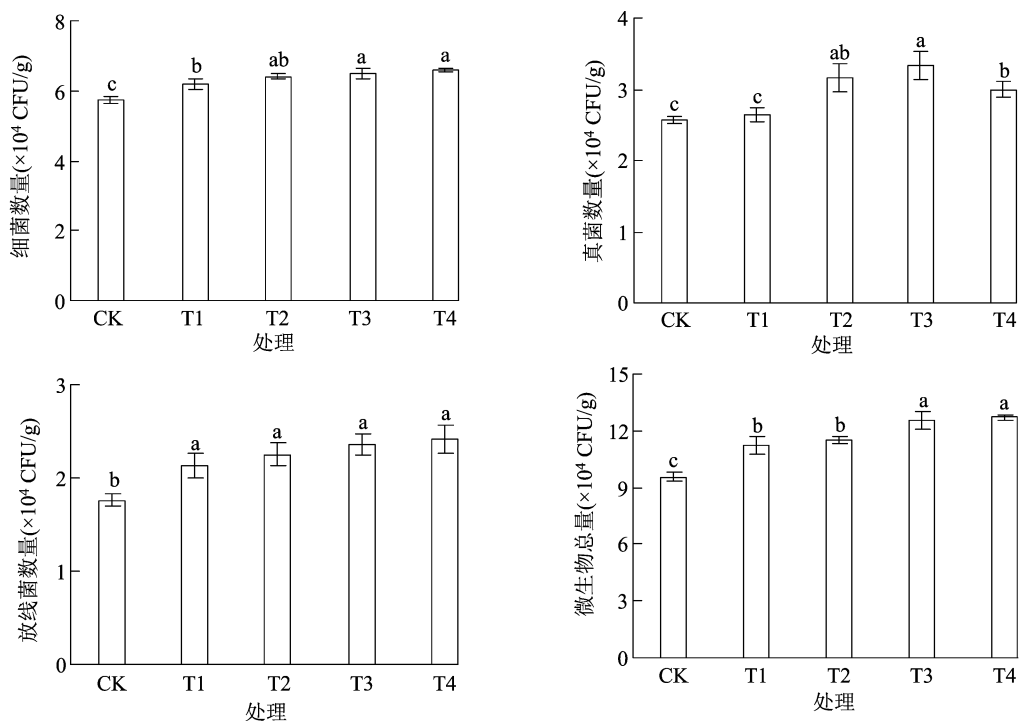
2.3 生物有机肥用量对基质酶活性的影响

由图 2 可知,CK 中各基质酶活性均为最低;随着生物有机肥用量的增加,各处理基质酶活性呈现先增加后降低的趋势,T2 处理的蔗糖酶活性最大,为 41.78 mg/(g·d),CK 最小,为 33.6 mg/(g·d),T2 处理较 CK 相比提高了 24.3%。T2 处理的脲酶活性最高,T3 处理次之,为 3.29 mg/(g·d),与 CK 相比,T2 处理提高了 35.2%,T3 处理提高了 33.2%。T3 处理的碱性磷酸酶最大,为 1.76 mg/(g·d),T2

处理次之,为 1.75 mg/(g·d),CK 最小,为 1.23 mg/(g·d),T3 处理较 CK 增加了 43.1%。T2 处理的过氧化氢酶最大,与 CK 相比,T2 处理和 T3 处理分别提高了 20.0% 和 18.7%。综上所述,生物有机肥可以提高基质酶活性,其中 T2 处理效果最好。

2.4 生物有机肥用量对黄瓜幼苗生长的影响

由表 3 可知,T3 处理的株高最大,T4 处理次之。随着生物有机肥用量的增加,黄瓜幼苗的株高、上胚轴长、下胚轴长茎粗、叶面积均呈现先升高



柱上不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下图同

图1 生物有机肥用量对基质微生物数量的影响

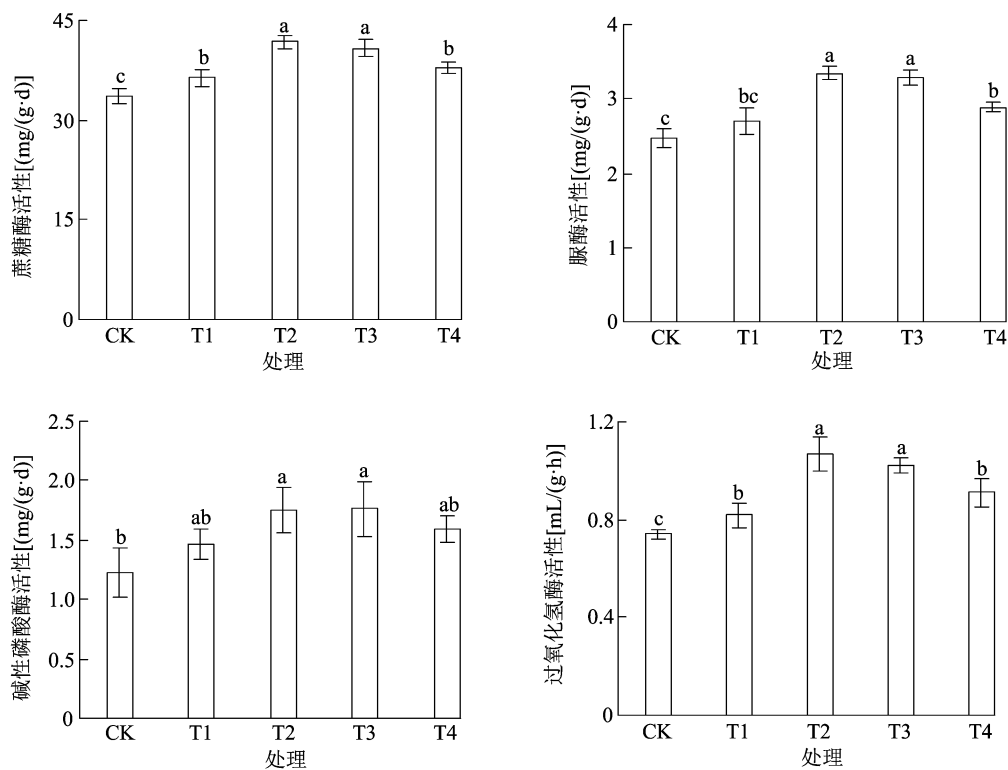


图2 生物有机肥用量对基质酶活性的影响

后降低的趋势,T2 处理的黄瓜幼苗茎粗最大,为 3.82 mm,CK 最小,与 CK 相比,T2 处理和 T3 处理茎粗分别增加了 11.0%、9.0%。T2 处理的叶面积

最大,为 28.08 cm²,T3 处理次之,为 26.25 cm²,CK 最小,为 23.08 cm²,T2 处理的黄瓜幼苗叶面积较 T3 处理和 CK 分别提高了 7.0%、21.7%。

表 3 生物有机肥用量对黄瓜幼苗生长的影响

处理	株高 (cm)	上胚轴长 (cm)	下胚轴长 (cm)	茎粗 (mm)	叶面积 (cm ²)
CK	10.10 ± 0.35c	2.67 ± 0.21b	7.43 ± 0.55b	3.44 ± 0.05c	23.08 ± 1.26c
T1	10.40 ± 0.10c	2.90 ± 0.26ab	7.53 ± 0.15b	3.66 ± 0.03b	24.95 ± 1.53bc
T2	11.13 ± 0.15b	3.17 ± 0.25ab	8.33 ± 0.15a	3.82 ± 0.06a	28.08 ± 0.95a
T3	11.63 ± 0.15a	3.30 ± 0.26a	8.20 ± 0.10a	3.75 ± 0.08ab	26.25 ± 1.32ab
T4	11.20 ± 0.20b	3.20 ± 0.30ab	7.97 ± 0.15ab	3.71 ± 0.07ab	25.67 ± 0.52b

2.5 生物有机肥用量对黄瓜幼苗壮苗指数和根系生长的影响

由图 3 可知,T2 处理黄瓜幼苗的壮苗指数最大,为 0.153,CK 的壮苗指数最小,为 0.113,T2 处理比 CK 提高了 35.4%。随着生物有机肥用量的逐渐增加,黄瓜幼苗的最大根长、根系活力和根体积均有明显的改变,T3 处理黄瓜幼苗的最大根长最

佳,为 12.02 cm,比 CK 提高了 35.7%;T2 处理的根体积最大,为 0.37 cm³,CK 最小,为 0.13 cm³;T2 处理的根活力最大,为 217.06 μg/(g·h),T3 处理次之,CK 最小,为 178.90 μg/(g·h),T2 和 T3 处理相比于 CK 提高了 21.3% 和 14.5%。说明基质中添加 60 g 生物有机肥有利于改善黄瓜幼苗的壮苗指数和根系的生长。

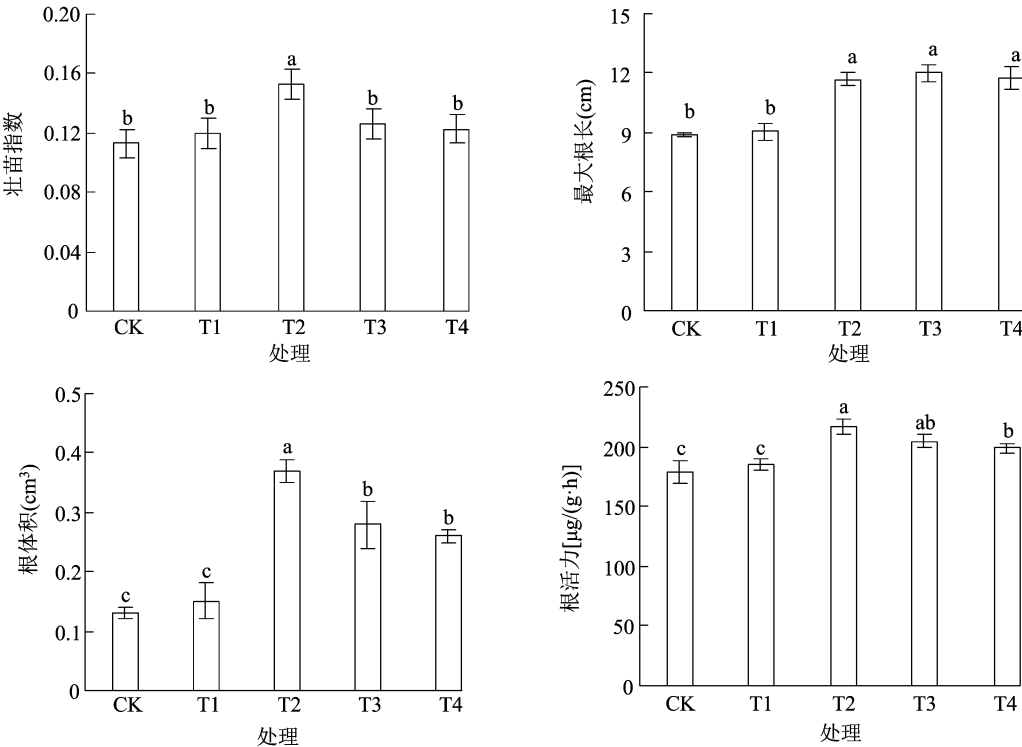


图 3 生物有机肥用量对黄瓜幼苗壮苗指数和根系生长的影响

2.6 生物有机肥用量对黄瓜幼苗干鲜质量的影响

由表 4 可知,T2 处理的黄瓜幼苗地上干质量最大,为 0.3 g,与 CK 相比提高了 30.4%,显著高于 T1 处理。T2 处理的地下干质量最大,为 0.04 g,T1、T3、T4 处理次之,均为 0.03 g,与 CK 相比,T2 提高了 100.0%,T1、T3、T4 处理提高了 50.0%。T3 处理的地上鲜质量、全株鲜质量最大,与 CK 相比分别提高了 34.2% 和 35.5%。T2 处理的全株干质量

最大,与 CK 相比提高了 32%;T2 和 T3 处理地下鲜质量与 CK 相比增加了 45.5%;各处理根冠比差异不显著。上述结果表明,生物有机肥不同用量可以促进黄瓜幼苗干物质的积累,其中以 T2 处理效果最好。

2.7 生物有机肥用量对黄瓜幼苗叶片叶绿素含量的影响

由表 5 可知,T2 处理的黄瓜幼苗叶片叶绿素 a、叶绿素 b 含量最佳,分别为 13.44、3.14 mg/g,相比

表 4 生物有机肥用量对黄瓜幼苗质量、根冠比的影响

处理	地上干质量 (g)	地下干质量 (g)	地上鲜质量 (g)	地下鲜质量 (g)	全株干质量 (g)	全株鲜质量 (g)	根冠比
CK	0.23 ± 0.01c	0.02 ± 0.01a	2.66 ± 0.12c	0.33 ± 0.03b	0.25 ± 0.01c	2.99 ± 0.15c	0.13 ± 0.01a
T1	0.24 ± 0.00bc	0.03 ± 0.01a	2.77 ± 0.11c	0.35 ± 0.03b	0.26 ± 0.01bc	3.13 ± 0.14c	0.13 ± 0.01a
T2	0.30 ± 0.01a	0.04 ± 0.01a	3.34 ± 0.04b	0.48 ± 0.02a	0.33 ± 0.02a	3.82 ± 0.05b	0.14 ± 0.01a
T3	0.25 ± 0.01b	0.03 ± 0.01a	3.57 ± 0.05a	0.48 ± 0.02a	0.28 ± 0.02b	4.05 ± 0.07a	0.14 ± 0.01a
T4	0.25 ± 0.00b	0.03 ± 0.00a	3.32 ± 0.02b	0.43 ± 0.04a	0.28 ± 0.01bc	3.75 ± 0.07b	0.13 ± 0.01a

表 5 生物有机肥用量对黄瓜幼苗叶绿素含量的影响

处理	叶绿素 a 含量 (mg/g)	叶绿素 b 含量 (mg/g)	类胡萝卜素 含量 (mg/g)	叶绿素总量 (mg/g)
CK	12.24 ± 0.09b	2.28 ± 0.13c	2.19 ± 0.06c	16.89 ± 0.11c
T1	12.42 ± 0.62b	2.40 ± 0.07c	2.30 ± 0.05c	17.36 ± 0.55c
T2	13.44 ± 0.06a	3.14 ± 0.10a	2.51 ± 0.08b	19.42 ± 0.10a
T3	13.17 ± 0.05a	2.87 ± 0.10b	2.66 ± 0.04a	19.15 ± 0.17ab
T4	13.03 ± 0.12a	2.64 ± 0.15b	2.51 ± 0.06b	18.66 ± 0.10b

于 CK 分别提高了 9.8%、37.7%。随着生物有机肥用量的增加,黄瓜幼苗叶绿素总量呈现先增后降的趋势,T2 处理叶绿素总量最高,为 19.42 mg/g,与 CK 相比增加了 15.0%。

2.8 生物有机肥用量对黄瓜幼苗叶片光合参数的影响

由图 4 可知,随着生物有机肥用量的增加,净光

合速率、气孔导度、蒸腾速率均呈现先上升后下降的趋势,但胞间 CO₂ 浓度呈先下降后上升的趋势。其国,T2 处理的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率均为最大值,分别为 17.35 μmol/(m² · s)、0.35 mol/(m² · s)、7.35 mmol/(m² · s),分别较 CK 增加了 13.5%、25.0%、29.4%,CK 均最小;T2 处理的胞间 CO₂ 浓度最小,为 196.19 μmol/mol,CK 最大。结果表明,表面生物有机肥可以促进黄瓜叶片光合参数的增加,尤以 T2 处理最好。

2.9 生物有机肥用量对黄瓜幼苗叶片碳酸酐酶与 Rubisco 酶活性的影响

由图 5 可知,随着生物有机肥用量的增加,碳酸酐酶与 Rubisco 酶活性均呈现先上升后下降的趋势,T2 处理的碳酸酐酶活性、Rubisco 酶活性最大,分别为 323 U/L、0.83 μmol/(g · min),较 CK 增加

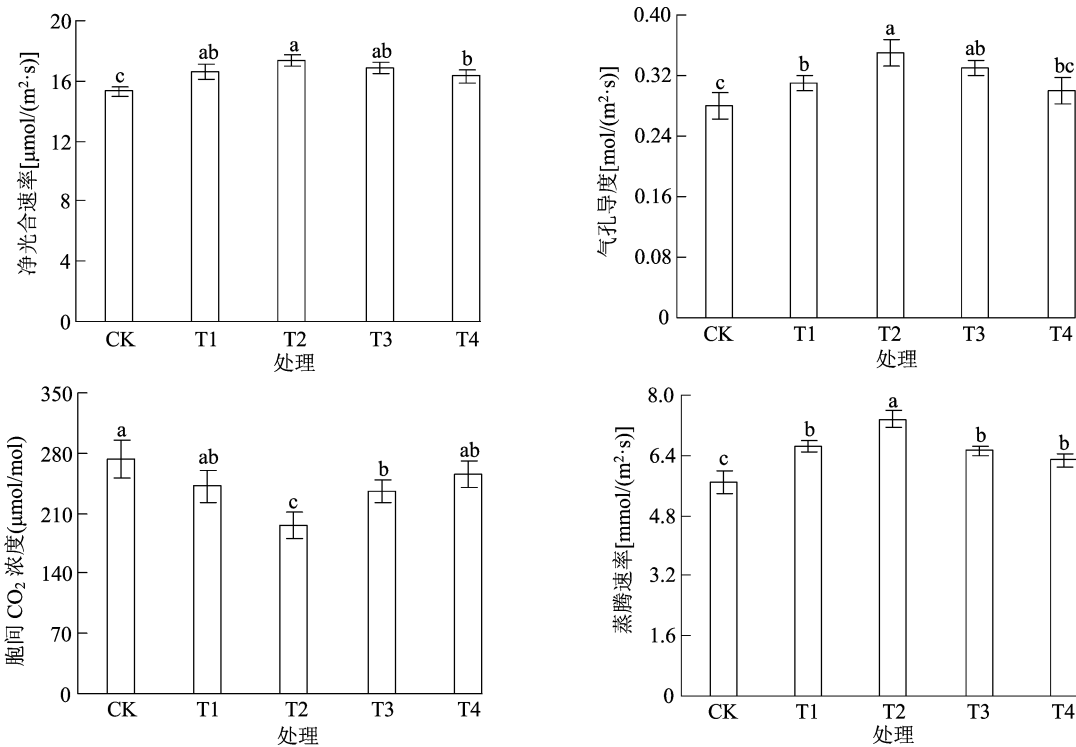


图4 生物有机肥用量对黄瓜幼苗叶片光合参数的影响

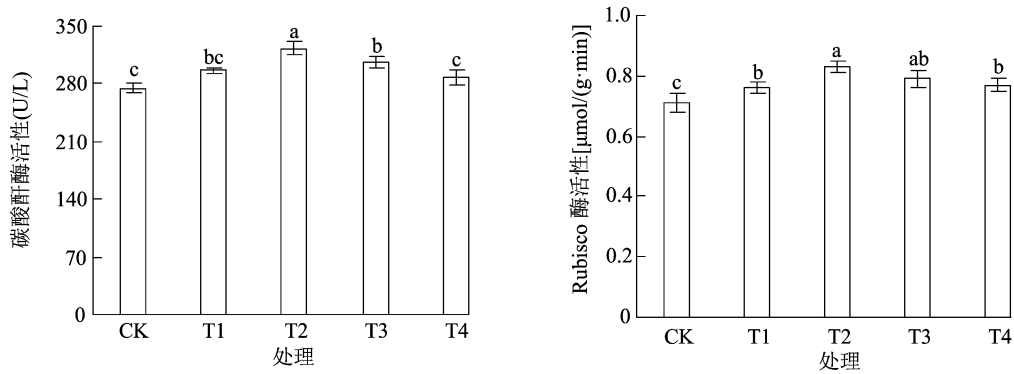


图5 生物有机肥用量对光滑幼苗叶片碳酸酐酶与 Rubisco 酶活性的影响

了 17.5%、16.9%；T3 次之，较 CK 增加了 11.3%、11.3%，CK 最小。结果说明，生物有机肥有利于黄瓜幼苗叶片碳酸酐酶与 Rubisco 酶活性的增加，尤以 T2 处理最佳。

2.10 生物有机肥用量对黄瓜幼苗营养元素积累的影响

由表 6 可知，随着生物有机肥用量的升高，幼苗体内 N、K、P、Ca、Mg、Fe 含量有先上升后下降的趋

势，T2 处理的幼苗氮含量最高，为 7.14 mg/株，较 CK 提高了 27.0%，T3 处理次之，为 6.75 mg/株，CK 最小，仅为 5.62 mg/株。T3 处理的幼苗磷含量、镁含量最大，CK 最小。T2 处理幼苗钾含量、钙含量、铁含量最大，较 CK 分别提高了 29.6%、27.9%、72.7%，CK 均最小。结果表明，生物有机肥可以增加植株体内的营养元素，在 T2 处理时效果最好，这与基质中养分含量结果变化相似。

表 6 生物有机肥用量对黄瓜幼苗营养元素积累的影响

处理	氮含量 (mg/株)	磷含量 (mg/株)	钾含量 (mg/株)	钙含量 (mg/株)	镁含量 (mg/株)	铁含量 (mg/株)
CK	5.62 ± 0.13c	0.32 ± 0.07c	4.33 ± 0.19c	0.43 ± 0.03b	0.39 ± 0.01c	0.022 ± 0.001d
T1	6.05 ± 0.08c	0.38 ± 0.12c	4.73 ± 0.04c	0.49 ± 0.02ab	0.43 ± 0.02b	0.024 ± 0.001d
T2	7.14 ± 0.05a	0.45 ± 0.13b	5.61 ± 0.13a	0.55 ± 0.03a	0.45 ± 0.02ab	0.038 ± 0.002a
T3	6.75 ± 0.18b	0.52 ± 0.04a	5.28 ± 0.07b	0.46 ± 0.04b	0.48 ± 0.01a	0.036 ± 0.002b
T4	6.43 ± 0.09b	0.42 ± 0.05b	5.02 ± 0.11b	0.45 ± 0.03b	0.43 ± 0.03b	0.030 ± 0.001c

2.11 植株的生长状况和基质特性的相关性分析

从表 7 可以看出，黄瓜的株高、茎粗、全株干质量、叶面积受基质理化性质的影响较大，基质的总孔隙度与幼苗的叶面积、氮、磷、铁含量、Rubisco 酶活性呈显著相关；基质的容重与幼苗全株干质量呈显著负相关；EC 值与幼苗氮含量、铁含量、碳酸酐酶活性呈极显著相关。结果说明，EC 值越大，黄瓜幼苗的生长指标越大。基质的 pH 值与幼苗大部分数据呈显著相关，微生物总数与幼苗磷含量呈极显著相关，说明 pH 值和微生物总数有利于黄瓜幼苗植株营养元素的积累。基质中的蔗糖酶活性与幼苗全株干质量、氮含量、碳酸酐酶、Rubisco 酶活性呈极显著相关；碱性磷酸酶活性与幼苗茎粗、叶面积、磷含量、Rubisco 酶活性呈极显著相关；过氧化氢酶与幼苗的全株干质量、叶面积、铁含量呈极显著相关，

说明基质中的蔗糖酶、碱性磷酸酶和过氧化氢酶可以促进叶片的发育且有利于幼苗对营养元素的吸收。综上所述，黄瓜幼苗的生长指标受基质容重、EC 值、养分含量和酶活性的影响较大，即当基质容重较大，养分含量和酶活性较低时，不利于培育优质的黄瓜幼苗。

3 讨论与结论

土壤理化性质包括土壤容重、持水孔隙等因素，直接影响土壤肥力状况，土壤容重对作物生长起到重要的作用，反映土壤的通气状况、保水状况及土壤颗粒结构。本试验中，经过生物有机肥处理后的栽培基质，CK 的基质容重最大，T2 处理的基质容重较其他处理改善最佳；T2 处理较 CK 各孔隙度均有明显的提高，说明在基质中添加生物有机肥对

表 7 黄瓜幼苗生长指标与基质特性指标的相关性分析

指标	相关系数									
	株高	茎粗	全株干质量	叶面积	净光合速率	氮含量	磷含量	铁含量	碳酸酐酶活性	Rubisco 酶活性
容重	0.48	-0.43	-0.57 *	-0.46	0.53 *	0.51	0.58 *	0.44	0.51	0.82 **
总孔隙度	0.44	0.50	0.44	0.62 *	0.48	0.63 *	0.62 *	0.60 *	0.49	0.57 *
pH 值	0.59 *	0.63 *	0.32	0.61 *	0.39	0.53 *	0.57 *	0.55 *	0.26	0.34
EC 值	0.46	0.56 *	0.64 *	0.64 *	0.50	0.71 **	0.49	0.68 **	0.77 **	0.53 *
微生物总量	0.47	0.45	0.41	0.50	0.48	0.64 *	0.70 **	0.58 *	0.38	0.56 *
蔗糖酶活性	0.58 *	0.51	0.68 **	0.63 *	0.58 *	0.74 **	0.59 *	0.32	0.77 **	0.73 **
脲酶活性	0.68 **	0.80 **	0.61 *	0.46	0.55 *	0.66 **	0.49	0.56 *	0.53 *	0.57 *
碱性磷酸酶活性	0.50	0.71 **	0.61 *	0.68 **	0.51	0.58 *	0.72 **	0.54 *	0.62 *	0.72 **
过氧化氢酶活性	0.45	0.61 *	0.73 **	0.77 **	0.62 *	0.47	0.59 *	0.72 **	0.65 *	0.50

注：*、** 分别表示在 0.05、0.01 水平上显著相关。

基质的理化性质、各孔隙度均有一定的改善效果。吕真真等研究表明,配施有机肥显著改善双季稻田土壤的理化特性^[27]。pH 值反映了基质的酸碱状况,EC 值反映了基质的盐离子浓度,栽培后的 T2 处理 pH 值为 5.91,EC 值为 1.15 mS/cm,适合黄瓜幼苗生长,这与丁小涛等的试验结果^[28]相似。张二震等的研究表明,EC 值在 0.8 ~ 1.5 mS/cm 时候,水培苦苣莖生长状况良好^[29]。栽培后 CK 处理的 pH 值和 EC 值明显低于其他处理,不利于给幼苗提供了适宜的生长状况。本试验结果表明,生物有机肥明显改善基质容重状况,提高基质的孔隙度,使基质保持在适宜的 pH 值和 EC 值范围内,给植物提供了适宜的生长环境。这与杨忠赞等的研究结果生物有机肥对改善土壤理化性质起到重要作用^[30]相似。

黄瓜幼苗在生长过程中,需要养分的种类很多,其中 N、K、P、Ca、Mg 是黄瓜幼苗生长需求量较多的养分,Fe 元素的需求量较少,这些养分主要从基质中获得。生物有机肥富含丰富的营养元素,为植物的生长提供必要的养分。邱吟霜等研究结果认为,添加生物有机肥对玉米土壤中有機质、全磷、速效钾含量有显著促进作用^[31]。本试验中,T2 处理的黄瓜幼苗体内氮、钾、钙、铁含量最高,CK 的含量最低,磷、镁含量相比 CK 有显著提升,说明随着生物有机肥用量的增加,黄瓜幼苗体内的营养元素随之增加。这表明,在基质内添加 60 g 生物有机肥可以较好的提高黄瓜幼苗 N、K、P、Ca、Mg、Fe 含量。这与陈倩等的研究结果有机肥显著提高苹果叶片总氮量^[32]相似。王文丽等的研究表明,施用生物有机肥有效提高马铃薯根际土壤的全氮、全磷、全钾

含量,主要是因为生物有机肥内含有大量的有机质,可以改善植物的生长环境,促进养分在基质内增加^[33]。王小龙等的研究表明,在土壤中施用生物有机肥显著提高葡萄根系全氮含量,其中磷、钾和其他微量元素显著高于对照组^[34]。

基质中微生物起到调节养分循环和降解的作用,生物有机肥为微生物提供了有利条件,使基质中的土壤酶活性增加,二者共同促进基质内养分的循环。本试验中,随着生物有机肥用量的增加,基质内微生物总量随之增加,各处理均高于 CK,李大荣等的研究表明,微生物中的有益菌类对植物营养元素的吸收及生长方面都起促进作用^[35]。马凤捷的研究表明,放线菌对西瓜、番茄等的生长有促进作用的同时,也改善了土壤的理化特性^[36]。徐池明的研究表明,施用生物有机肥显著提高苹果园内土壤微生物数量,改善土壤理化性质,提高苹果树对养分的吸收利用^[37]。本试验中,T2 处理的过氧化氢酶活性较 CK 显著增加,较其他处理表现最好;蔗糖酶和脲酶活性均高于 CK。这与前人的结果一致,如王俊红等的研究中,施用生物有机肥有利于提高小麦根际土壤脲酶、蔗糖酶、中性磷酸酶活性,并在根际积累较多的细菌群落,促进植物生长^[38]。卢钰升等的研究表明,有机肥代替化肥有利于改善土壤理化性质增加酶活^[39]。刘铠鸣研究表明,施用生物有机肥有利于提高东北黑土地酶活性,改善土壤肥力,显著提高玉米籽粒氮、磷、钾地养分含量^[40]。

株高和茎粗在一定程度上可以体现黄瓜幼苗的长势情况,叶片是植物光合作用的主要部位,叶绿素、光合参数也可以作为黄瓜幼苗光合作用的重要指标,黄瓜幼苗的生长,是进行干物质积累的过

程,干物质是光合作用合成的产物,也是衡量黄瓜幼苗生长的基础。于会丽等的研究表明,添加生物有机肥有利于提高苹果幼苗的株高等生长指标^[41]。李亮研究表明,生物有机肥对猕猴桃的发育和根系的生长有促进作用^[42]。本试验添加不同用量的生物有机肥可以观察到黄瓜幼苗的生长状况有明显的上升趋势,黄瓜幼苗的茎粗、叶面积、全株干质量、叶绿素总量、光合参数有所提升,同时 T2 处理的下胚轴长、壮苗指数、根体积、根活力、净光合速率、气孔导度、蒸腾速率均高于其他处理,碳酸酐酶活性、Rubisco 酶活性各处理较 CK 具有不同程度地明显提升。在各处理中,CK 的黄瓜幼苗生长状况较其他处理最差,T2 处理最好。根系活力可以反映作物新陈代谢的强弱和作物的生命特征,T2 处理的根系活力较其他处理最高,表现最好。这与罗军等的研究结果^[14]类似,生物有机肥显著改善芦蒿的株高、茎粗、根系活力等生长指标。

综上所述,添加生物有机肥可以有效改善基质的理化特性,提高微生物数量和基质酶活性,促进黄瓜幼苗生长及营养元素积累,但用量也不宜过高,当生物有机肥添加量为 60 g 时,黄瓜幼苗生长最为健壮,可进行推广使用。

参考文献:

- [1] 刘芳,刘帅. 化肥施用量对中国粮食产量的影响分析[J]. 中国农机化学报,2021,42(8):92-100.
- [2] 裴晓明,周雪燕. 化肥过量使用的环境污染及防治[J]. 农民致富之友,2018(6):30.
- [3] 王秀梅. 玉米化肥减量增效田间试验[J]. 云南农业,2022(1):79-83.
- [4] 刘兴娥,李毅,周自娅. 马铃薯化肥减量增效试验[J]. 陕西农业科学,2021,67(9):8-10.
- [5] 朱明珠. 含山梨醇的生物有机肥促生效应研究[D]. 南京:南京农业大学,2019:1-2.
- [6] Liu C A, Zhou L M. Soil organic carbon sequestration and fertility response to newly - built terraces with organic manure and mineral fertilizer in a semi - arid environment[J]. Soil & Tillage Research, 2017,172:39-47.
- [7] Bai Z G, Caspari T, Gonzalez M R, et al. Effects of agricultural management practices on soil quality: a review of long - term experiments for Europe and China[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2018,265:1-7.
- [8] 鲁洪娟,周德林,叶文玲,等. 生物有机肥在土壤改良和重金属污染修复中的研究进展[J]. 环境污染与防治,2019,41(11):1378-1383.
- [9] 董慧,文继兵,李娜,等. 生物有机肥部分替代化肥对水稻产量和品质的影响[J]. 安徽农学通报,2021,27(15):107-108.
- [10] 李蒙,吕淑蓓,张梦媛,等. 生物有机肥添加量对辣椒幼苗生长的影响[J]. 浙江农业科学,2020,61(2):243-245,248.
- [11] 郑文廉,朱发春. 生物有机肥在西瓜上的应用效果试验[J]. 农村经济与科技,2021,32(19):71-72.
- [12] 郭又奇. 生物有机肥在小油菜上的肥效试验报告[J]. 农家参谋,2022(3):84-86.
- [13] 罗绪强,张桂玲,阮英慧,等. 雷公山自然保护区常见植物叶片营养元素含量及其化学计量特征[J]. 江苏农业科学,2019,47(11):309-312.
- [14] 罗军,何兴武. 生物有机肥对芦蒿生长发育及产量的影响[J]. 现代农村科技,2022(4):55-56.
- [15] 赵强. 生物有机肥对旱柳各器官矿质元素含量的影响[J]. 山东林业科技,2019,49(3):55-58.
- [16] 杜天宇. 配施基肥对核桃生长及结果的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2018:17.
- [17] 郭光光,曹磊,杨刚革. 农田土壤化肥污染及防治对策[J]. 现代农业科技,2019(23):155-156.
- [18] 郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:140-142.
- [19] 李正鹏,时焦,王海波,等. 单株立体覆膜栽培对烟田土壤微生物数量的影响[J]. 烟草科技,2017,50(12):38-43.
- [20] 姚俊新,林辉,林兴生,等. 巨菌草种植对土壤微生物数量及酶活性的影响[J]. 黑龙江农业科学,2019(3):40-45.
- [21] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社,1986:274-320.
- [22] 刘小锐,黄成东,祝红伟. 叶用莴苣叶面积测定方法的研究[J]. 中国蔬菜,2020(12):78-81.
- [23] 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,2000:119-120.
- [24] 努尔凯麦尔·木拉提,杨亚杰,帕尔哈提·阿布都克日木,等. 小麦叶绿素含量测定方法比较[J]. 江苏农业科学,2021,49(9):156-159.
- [25] 郭艳阳. 外源褪黑素对干旱胁迫下玉米光合及生理特性的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2020:10.
- [26] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,2000:50-112.
- [27] 吕真真,吴向东,侯红乾,等. 有机-无机肥配比比例对双季稻田土壤质量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2017,23(4):904-913.
- [28] 丁小涛,何立中,金海军,等. 不同营养液电导率对黄瓜幼苗生长和矿质元素含量的影响[J]. 上海农业学报,2021,37(6):16-22.
- [29] 张二震. 不同电导率营养液对苦苣生长的影响[D]. 石河子:石河子大学,2017:13-14.
- [30] 杨忠赞,迟凤琴,匡恩俊,等. 有机肥替代对土壤理化性状及产量的综合评价[J]. 华北农学报,2019,34(增刊1):153-160.
- [31] 邱吟霜,王西娜,李培富,等. 不同种类有机肥及用量对当季旱地土壤肥力和玉米产量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2019(6):182-189.
- [32] 陈倩,刘照霞,邢玥,等. 有机无机肥分次配施对嘎啦苹果生长、¹⁵N-尿素吸收利用及损失的影响[J]. 应用生态学报,2019,30(4):1367-1372.

范惠冬,郑士金,郑建超,等. 74 份大果番茄种质资源表型性状遗传多样性分析及综合评价[J]. 江苏农业科学,2023,51(15):121-129.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.15.018

74 份大果番茄种质资源表型性状遗传多样性分析及综合评价

范惠冬,郑士金,郑建超,田松,许世霖,刘井莉

(吉林省蔬菜花卉科学研究院,吉林长春 130033)

摘要:为挖掘优良番茄亲本,全面了解 74 份大果番茄种质资源表型性状遗传多样性,对番茄种质的 34 个表型性状进行遗传多样性分析、相关性分析、主成分分析、聚类分析及综合评价。结果表明,74 份大果番茄种质有丰富的表型性状遗传多样性,各性状均有较高度度的变异。其中,质量性状遗传多样性指数变化范围为 0.072 ~ 1.382,遗传多样性指数最大的是胶状物颜色(1.382);数量性状遗传多样性指数变化范围为 1.066 ~ 2.048,遗传多样性指数最大的是单花序果数(2.048);数量性状变异系数变化范围为 12.46% ~ 47.27%,其中,果形指数变异系数最大(47.27%)。14 个数量性状之间相关性复杂多样。提取前 9 个特征值大于 1.000 的主成分累计贡献率达到 71.750%,表明前 9 个主成分已涵盖全部指标绝大部分信息。其中,第 1 主成分的贡献率最大,为 17.363%,其他主成分贡献率依次递减。采用聚类分析,在欧氏距离为 5.485 处将 74 份大果番茄种质分为 11 个组群,第 1 组群番茄种质最多,为 47 份,此组群番茄品质佳,口感甜酸,可用于优质番茄新品种的培育;第 2、第 3、第 7、第 8、第 10、第 11 组群均只包含 1 份番茄种质,可作为特殊种质加以利用。采用隶属函数法进行综合评价,各种质得分范围为 -0.672 ~ 0.935,成功筛选出 3 份综合得分较高的种质 JL035、JL034、JL028。研究表明,74 份大果番茄的种质资源表型性状遗传多样性丰富,且包含 6 份特殊种质,综合评价得分最高的 3 份种质资源可作为核心种质利用。

关键词:番茄;种质资源;遗传多样性;聚类分析;综合评价;主成分分析

中图分类号:S641.202 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)15-0121-09

番茄(*Solanum lycopersicum*)别称西红柿,是多汁浆果,原产于南美洲,为茄科严格自花授粉植物,一年生或多年生。栽培番茄由于多年选育和驯化遗传背景逐渐变窄,对栽培番茄进行种质资源调查研究,了解种质资源多样性、遗传变异情况、开展种质资

源综合评价是种质资源保护和合理选配的基础。

植物表型多样性是由植物遗传多样性和环境多样性之间复杂的相互作用而产生的,具有重要的生物学研究意义,同时也在深入研究和利用种质资源中加以利用^[1-2]。在番茄^[3-4]、甘薯^[5]、水稻^[6]、苹果^[7]、猕猴桃^[8]等多种作物种质资源的研究中已广泛使用相关性分析、遗传多样性分析及聚类分析等相关研究方法,并取得了较好的研究结果。通过对 47 份大果番茄种质资源表型性状遗传多样性进行分析,芮文婧等发现,花柱长度变异数系在数量

收稿日期:2022-11-13

基金项目:吉林省财政厅公益类行业专项。

作者简介:范惠冬(1990—),女,吉林长春人,硕士,助理研究员,主要从事蔬菜遗传育种工作。E-mail:fanhuidong1812@163.com。

[33]王文丽,靳海波,李娟,等. 生物有机肥料对连作马铃薯根际营养及生长发育的影响[J]. 中国土壤与肥料,2018(6):187-191.

[34]王小龙,刘凤之,史祥宾,等. 不同有机肥料对葡萄根系生长和土壤养分状况的影响[J]. 华北农学报,2019,34(5):177-184.

[35]李大荣,杨文港,向嘉. 丛枝菌根对植物营养元素吸收及生长影响的研究进展[J]. 南方农业,2018,12(27):143-145.

[36]马凤捷. 不同放线菌剂对连作哈密瓜产量、品质及土壤理化性质的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2020:37-50.

[37]徐池明. 生物有机肥料对苹果树根际微生物群及生长结果的影响[J]. 烟台果树,2022(2):12-14.

[38]王俊红,王星琳,王康,等. 生物有机肥料替代化肥对小麦根际

土壤环境的影响[J]. 华北农学报,2021,36(4):155-162.

[39]卢钰升,顾文杰,李集勤,等. 化肥有机替代对烤烟产质量、土壤理化性质及酶活性的影响[J]. 中国农学通报,2020,36(16):22-27.

[40]刘铠鸣. 生物有机肥料提高东北黑土肥力和生物活性的研究[D]. 南京:南京农业大学,2020:35-53.

[41]于会丽,徐变变,徐国益,等. 生物有机肥料对苹果幼苗生长、生理特性以及土壤微生物功能多样性的影响[J]. 中国农学通报,2022,38(1):32-38.

[42]李亮. 生物有机肥料在猕猴桃生产上的应用效果[J]. 广东蚕业,2020,54(8):56-57.