

秸秆反应堆和功能菌对日光温室番茄生长发育及土壤微生态环境的影响

何志刚, 王秀娟, 董 环, 娄春荣, 牛世伟, 张 鑫

(辽宁省农业科学院 植物营养与环境资源研究所, 辽宁 沈阳 110161)

摘 要:以日光温室越冬番茄“金棚1号”为试材,研究了秸秆内置生物反应堆和功能菌剂不同处理对番茄植株生长、土壤微生态环境的影响。结果表明:单施功能菌剂和秸秆生物反应堆以及二者共用后均可促进番茄植株前期的生长,增强土壤酶活性,使微生物群落趋于正常;秸秆反应堆可以培肥土壤,降低土壤中盐分的累积,增加土壤速效钾的含量;秸秆反应堆和微生物菌剂二者均能够显著加快越冬番茄植株的生长速率,使番茄产量增加8.7%~12.4%。

关键词:秸秆反应堆;功能菌剂;日光温室;番茄;土壤酶;微生物区系

中图分类号:S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)22-0184-04

近年来,我国蔬菜产业发展迅猛,设施蔬菜栽培面积不断扩大,已成为我国种植业中的高效产业之一。秸秆生物反应堆技术是一项促使蔬菜产业健康发展、走向现代生物农业的有效途径^[1-2]。该技术是利用生物技术将秸秆转化为农作物所需的热量,以达到促进作物生长发育,提高作物产量和品质的作用,有研究表明,生物反应堆可以提高黄瓜、番茄的产量,提高土壤微生物对碳源的利用率,使土壤生理代谢力增强,改变土壤营养条件,使其朝着有利于作物生长的方向发展^[3]。微生物菌剂能够利用生物固氮和有益微生物改善土壤肥力、改善植物营养、刺激植物生长和抑制病菌^[4]。但是现有研究中秸秆反应堆与微生物菌剂配合使用的研究较少。现针对该问题研究了在北方地区日光温室番茄越冬生产

中,秸秆生物反应堆技术与微生物菌剂的应用对土壤理化性状、植株生理性状以及产量的影响,以期能为秸秆生物反应堆技术与微生物菌剂在北方地区日光温室蔬菜越冬生产中的应用推广提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2011年秋季在辽宁省南庄河市鞍子山乡青堆子村日光温室内进行。温室长70 m,跨度7.5 m,脊高3 m;试验土壤为草甸土,pH 6.41,EC 0.55 mS/cm,全氮含量1.128 mg/kg,有效磷含量157.4 g/kg,速效钾含量294 mg/kg。

1.2 试验材料

供试番茄品种“金棚1号”及微生物菌剂(有效菌数为 2×10^8 个/g以上)均由辽宁省农业科学院植物营养与环境资源研究所土壤微生态研究室提供;复合功能菌剂为分离自土壤植株根际的固氮菌‘N101’、解磷菌‘P1020’、解钾菌‘K1444’,生防菌剂为分离自土壤植株根际的抗生素‘B102’,有效菌数达到 10^8 个/g。

1.3 试验方法

试验设3个处理,JF处理:内置式秸秆反应堆(秸秆

第一作者简介:何志刚(1978-),男,辽宁沈阳人,硕士,助理研究员,现主要从事土壤微生物等研究工作。E-mail:hezhi gang1227@sina.com.

责任作者:娄春荣(1966-),男,辽宁沈阳人,硕士,研究员,现主要从事设施农业等研究工作。E-mail:lclrls@126.com.

基金项目:辽宁省科技攻关重大专项资助项目(2010215003)。

收稿日期:2013-07-22

radish irrigated with reclaimed water + sludge fertilizer increased by 52.98% compared to the radish only treated with clean water. The latter one had the shortest root length and the minimum weight. The total chlorophyll content of pakchoi irrigated with clean water was the highest, while the MDA content was the lowest. There was negative correlation between total chlorophyll content and MDA content of pakchoi ($r = -0.7048$), while there was no significant correlation between them in radish leaves. The chlorophyll content of radish irrigated with clean water was the highest, while the MDA content of radish irrigated with reclaimed water and fertilized with sludge was the highest.

Key words: reclaimed water irrigation; sludge fertilizer; pakchoi; radish; seed germination; seedling growth

用量 2 857.5 kg/667m²,在作物栽培畦下挖宽 70 cm、深 30 cm 的沟,沟中铺放玉米秸秆,在秸秆中部和上部分 2 次撒施发酵菌剂,用量为 4 kg/667m²,沟两端应露出 10 cm 的秸秆以通气,然后在秸秆上填 20 cm 厚的耕作土。大水浇透秸秆,4~5 d 后用 14 号钢筋在定植穴上打孔,孔深以穿透秸秆层为宜);JF+M 处理:秸秆反应堆+复合功能菌;M 处理:复合功能菌(定植和开花期灌根菌悬液 10 mL/株)。以常规施肥为对照(CK)。每个处理 3 次重复,每小区 4 个畦,小区长 5.0 m、宽 6.0 m,采取宽窄行栽培,大行距 75 cm,小行距 45 cm,株距 25 cm。地膜覆盖,膜下浇灌。选取长势一致的番茄苗定植,定植时间为 2011 年 9 月 20 日,2012 年 6 月 5 日拉秧。

1.4 项目测定

1.4.1 越冬番茄生长状况调查 从 2011 年 10 月 5 日起对番茄的生长状况进行调查,分别于开花期 12 月 16 日和盛果期 3 月 4 日进行测定。茎粗为植株茎距地表 10~15 cm 节位;株高为番茄顶端到根基部的垂直距离;对开花期的叶片(位于第 1 穗花下部的第 1 片叶)、盛果期的叶片(位于第 3 穗花下部第 1 片叶)测定叶绿素 SPAD 值。

1.4.2 土壤养分含量测定 盛果期分别采集 0~20 cm 土壤样品,带回实验室自然风干,磨细过 2 mm 筛,按 1:5 土水质量比提取浸提液进行电导率测定;土壤养分含量测定参考《土壤农化分析》中的方法进行。其中土壤速效氮含量采用碱解扩散法测定;土壤速效磷含量采用钼酸铵比色法测定;土壤速效钾含量采用火焰光度计法测定。

1.4.3 土壤酶活性测定 盛果期分别采集 0~20 cm 土壤样品,土壤蛋白酶活性采用茚三酮比色法测定;多酚氧化酶采用重铬酸钾比色法测定;蔗糖酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定;过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法测定^[5]。

1.4.4 土壤根区微生物区系测定 细菌含量采用牛肉膏蛋白胨培养基法测定;放线菌数量采用改良的“高氏 1 号”培养基(每 300 mL 培养基中 3% 重铬酸 1 mL,以抑制细菌和霉菌生长)测定;真菌数量采用马丁氏培养基(每 1 000 mL 培养基中加 1% 孟加拉红水溶液 3 mL、1% 链霉素 3 mL)测定;硝化细菌采用改良的“斯蒂芬森”培养基测定;氨化细菌采用蛋白胨琼脂培养基测定。土壤微生物采用系列稀释法计数^[6]。每克干土中菌数=(菌落平均数×稀释倍数)/[接种量毫升数×(1-含水量)]。

1.4.5 番茄产量测定 番茄产量以小区面积进行核算,记录每次采收时番茄果实的重量,并换算成每 667 m² 的经济产量。

1.5 数据分析

试验数据采用 Excel 2003 软件进行处理,采用 SPSS 14.0 统计软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对番茄生长发育的影响

由表 1 可以看出,开花期通过秸秆反应堆和施加微生物肥料可以明显提高叶片叶绿素 SPAD 值,其中 JF+M 处理效果最为明显,其次是 M、JF 处理和 CK,JF+M 是在秸秆反应堆基础上添加了复合功能菌群,可以明显的促进植株营养的吸收和利用。盛果期叶绿素 SPAD 值呈现为 JF+M>JF>M>CK,说明秸秆反应堆可以提高植物光合作用的效率,提高叶片叶绿素含量,施加菌剂的处理由于生育后期没有进一步追施,所以未能表现出应有的效果。在开花期植株株高和茎粗均表现为 JF+M>JF>M>CK,差异显著,盛果期由于打尖所以只能测定茎粗,表现也十分显著。

表 1 不同处理对番茄生长发育的影响

处理	开花期			盛果期	
	叶绿素含量 SPAD 值	株高 /cm	茎粗 /cm	叶绿素含量 SPAD 值	茎粗 /cm
CK	41.58b	25.05b	0.74b	39.46b	1.16b
JF	42.96ab	26.85ab	0.84a	42.75ab	1.20a
JF+M	43.68a	27.15a	0.86a	43.62a	1.19a
M	43.15a	25.60b	0.83a	40.24b	1.18a

注:表中同列不同小写字母表示 1% 水平差异显著。下同。

2.2 不同处理对土壤酶学性状的影响

2.2.1 不同处理对过氧化氢酶活性的影响 过氧化氢酶是分解对生物有害的过氧化物^[7],由表 2 可以看出,各处理的过氧化氢酶活性均低于对照,依次为 JF+M<M<JF<CK,其中 JF+M 比 CK 低 42.86%。除 JF 与 M 处理间没有显著差异外,各处理之间差异显著。说明各处理均可以明显降低因突然长期连作对植株造成的毒害。

2.2.2 不同处理对蔗糖酶活性的影响 由表 2 可以看出,各处理和对对照的蔗糖酶活性依次为 JF+M>M>JF>CK,添加功能菌剂的处理均表现出提高了土壤的蔗糖酶活性,说明添加功能菌剂可以活化根际微生物的活性,达到增加蔗糖酶活性的效果且配合秸秆反应堆效果更加显著。

2.2.3 不同处理对酸性磷酸酶活性的影响 由表 2 还可知,各处理的土壤酸性磷酸酶活性均高于对照,酸性磷酸酶活性依次为 F+M>M>JF>CK,分析其原因可能是由于秸秆反应堆在作物生育期内释放了 CO₂,与土壤中的水分子结合,释放大量的 H⁺,使得土壤的酸性磷酸酶得到激活,添加的功能菌剂是发酵的菌液,呈弱酸性,同时复合菌群中含有解磷菌,可以促使土壤中的磷酸酶活性大大提高。

2.2.4 不同处理对尿酶活性的影响 由表 2 可知,各处理的尿酶活性表现均高于对照,依次为 JF+M>M>JF>CK。分析其原因可能是由于秸秆反应堆在腐解过程中释放大分子糖原可以刺激土壤中的以糖原为碳源的微生物类群,这类微生物同时可以刺激土壤中的尿酶,释放土壤中的氮素,调节土壤中的碳氮比,外源添加微生物菌剂也可以达到同样的效果,所以表现相应的差异显著性。

表 2 不同处理对番茄土壤酶学性状的影响

处理	过氧化氢酶 /mmol·g ⁻¹ 干土·h ⁻¹	蔗糖酶 /mg·g ⁻¹	酸性磷酸酶 /mg·kg ⁻¹ ·h ⁻¹	尿酶 /μg·g ⁻¹
CK	1.12a	2.21c	9.03b	1.18b
JF	0.82b	2.53ab	10.56b	1.27ab
JF+M	0.64c	2.62a	13.27a	1.35a
M	0.78b	2.59a	13.07a	1.28ab

2.3 不同处理对番茄土壤微生物区系的影响

细菌、放线菌和真菌是土壤中的三大类微生物,它们对土壤中有机物的分解,氮、磷等营养元素及其化合物的转化具有重要作用。常年种植 1 种作物会导致土壤微生物区系发生一定变化。通过添加有益的微生物可以达到恢复土壤健康的效果。由表 3 可以看出,通过添加功能菌剂可以明显刺激根际土壤细菌的数量,其中 JF+M 处理细菌数量比 CK 高出 40.91%,JF+M 处理略高于 M 处理,JF 处理和 CK 差异不显著,这说明通过灌根的方式可以增加根际土壤微生物数量且配合秸秆反应堆效果更佳。

由表 3 可知,通过添加微生物菌肥可以明显刺激根际土壤真菌的数量,其中 JF+M 处理真菌数量比 CK 高出 77.23%,M 处理略低于 JF+M 处理,各处理均高于 CK,差异显著,这说明秸秆反应堆和添加微生物菌剂均可以刺激土壤中的真菌大量繁殖。

由表 3 还可以看出,添加功能菌剂和秸秆反应堆技术均可以明显刺激根际土壤放线菌的数量,其中 JF+M 处理放线菌数量比 CK 高出 1 倍,M 处理高于 JF 处理,且均明显高于 CK。

微生物群落结构变化主要是三大类群的变化,其中

表 3 不同处理对番茄土壤微生物区系的影响

处理	细菌(10 ⁶)	真菌(10 ⁴)	放线菌(10 ⁴)	B/F 值	A/F 值
CK	22.0b	12.3c	9.0c	1.79 a	0.73b
JF	24.5ab	16.5b	15.0b	1.48b	0.91a
JF+M	31.0a	21.8a	18.1a	1.42b	0.83ab
M	29.0a	19.4ab	15.6b	1.49b	0.80ab

表 4 不同处理对土壤理化性状以及番茄产量的影响

处理	电导率 /mS·cm ⁻¹	pH	速效氮含量 /mg·kg ⁻¹	速效钾含量 /mg·kg ⁻¹	速效磷含量 /mg·kg ⁻¹	667 m ² 产量 /kg	667 m ² 经济 效益/元
CK	0.48a	6.28a	97.08c	105.59c	103.21c	5 263.2c	15 789.6c
JF	0.23c	6.16b	118.19b	208.29b	104.28bc	5 723.6b	17 170.8b
JF+M	0.26c	6.08c	151.96a	219.06a	106.23b	5 916.8a	17 750.4a
M	0.33b	6.15bc	147.89ab	171.27bc	110.26a	5 782.1b	17 346.3b

以细菌/真菌(B/F)、放线菌/真菌(A/F)为主要变化趋势^[8],其中细菌/真菌(B/F)各处理均低于 CK,依次为 CK>M>JF>JF+M,放线菌/真菌(A/F)各处理均高于对照 CK,依次为 JF>JF+M>M>CK。

2.4 不同处理对土壤理化性状及番茄产量的影响

土壤水溶性盐为强电解质,其导电能力的强弱用电导率(EC)表示。在一定浓度范围内,溶液的含盐量与电导率呈正相关^[9]。从表 4 可以看出,番茄在生长过程中要吸收一定量的盐类,使土壤 EC 下降,利用秸秆反应堆处理后土壤电导率下降幅度较大,其中 JF 处理土壤电导率下降 52.08%,差异达到显著水平,但是秸秆反应堆处理之间差异不显著,这说明随着秸秆在土壤中的分解,土壤中的盐被微生物利用,从而导致土壤中盐浓度下降,抑制了土壤盐类向表层积累,改善了土壤的理化性质。添加功能菌剂的处理可以使土壤中的盐分略有下降,但是下降幅度不大,说明还缺少可以充分利用土壤中多余盐分的微生物类群,有待进一步筛选耐盐微生物种群。从表 4 可以看出,秸秆反应堆各处理的土壤 pH 均比对照低,其中 JF+M 处理明显下降,但是幅度不大,可能这是由于秸秆在分解过程中产生 CO₂、酸类等物质,在一定程度上调节了土壤的 pH,因而土壤 pH 都有不同程度下降。各处理速效养分变化显著,且均高于 CK,其中速效氮 JF+M>M>JF>CK, JF 处理略高于 CK,说明秸秆分解时争夺土壤中的氮素, M 处理显著高于 CK,说明通过添加微生物菌剂可以提高土壤中氮素分解微生物种类的数量,从而提高土壤速效氮的含量,秸秆配合微生物菌剂效果最为明显;秸秆分解过程中可以释放大量的速效钾^[10],各秸秆反应堆处理均比 CK 高 1 倍多,速效钾 JF+M>JF>M>CK,其中 M 处理虽然没有秸秆处理高,但是也明显高于 CK 处理;各处理的速效磷含量依次为 M>JF+M>JF>CK,除 M 处理外,各处理间差异不显著。因此,实行秸秆还田是补充土壤钾素不足的重要途径之一,是培肥土壤的有效措施。由表 4 还可以看出,前茬番茄秸秆反应堆处理和添加微生物菌剂均比 CK 增产,其中 JF+M 处理比 CK 增产 12.42%,其它处理间差异不显著, M、JF 处理分别比 CK 增产 9.86%、8.75%。据调查,有秸秆生物反应堆的温室投入成本较少,施肥和喷药次数明显减少,节省了化肥和农药,叶片及果实光泽好^[12]。由于秸秆生物反应堆改善了番茄生育环境,并使其提早 5 d 采摘,提前上市,

收益明显提高。

3 结论与讨论

秸秆反应堆技术不仅能改善土壤理化性状,调节土壤盐分,提高速效养分,增加经济产量,同时秸秆作为微生物的养料,在腐烂分解过程中还提高了土壤有机质和无机养分的含量,改善了土壤理化性质,增强了保肥、保水能力,培肥了地力^[11]。张国芹等^[3]认为生物秸秆反应堆技术为大棚番茄的生长提供了较高的 CO₂ 浓度,提高了地温,对越冬番茄生长的影响较为明显;徐全辉等^[12]认为秸秆生物反应堆技术能够明显改善温室的生态环境,促进植株生长发育;彭杏敏等^[13]认为秸秆生物反应堆技术与微生物菌剂共同施用能够增加番茄根际土壤温度,保证了番茄根系在较为适宜的环境下生长。

该试验结果表明,在秸秆反应堆基础上添加复合功能微生物群落可以明显的促进植株生长发育,降低过氧化氢酶活性,提高蔗糖酶、尿酶、磷酸酶活性,使细菌和真菌数量分别提高了 11.4%~40.9%、66%~77.3%,放线菌数量增加了 66%~101%,各处理与对照(CK)之间差异显著。利用秸秆反应堆处理后土壤电导率下降幅度较大,其中秸秆反应堆处理土壤电导率下降 52.08%,与其它处理之间差异达到显著水平。秸秆分解过程中可以释放大量的速效钾,各秸秆反应堆处理均比 CK 高 1 倍多,秸秆反应堆处理和添加微生物菌剂均比对照增产,其中秸秆反应堆处理配合添加微生物菌剂处理增产 12.42%。

综上所述,秸秆生物反应堆技术配合复合功能菌可以使植株粗壮,增强光合作用,提高土壤酶活性,改善土

壤微生物区系,在一个生长期,多收获 1 穗果实,可以使果实提前上市,且能延长采收期,提高番茄产量(8.7%~12.4%)。该研究结果为采取科学农艺措施搞好土壤环境调控,减轻土壤连作障碍,提高作物产量和品质提供了一定的理论依据。

参考文献

- [1] 高丽红,张福曼.日光温室黄瓜生产中存在问题及解决途径[J].沈阳农业大学学报,2000,31(1):113-116.
- [2] 俞景权,杜尧舜.蔬菜设施栽培可持续发展中的连作障碍问题[J].沈阳农业大学学报,2000,31(1):124-126.
- [3] 张国芹,刘凤军,顾俊荣,等.生物反应堆技术对番茄产量及品质的影响[J].江苏农业科学,2013,41(3):116-117.
- [4] 吴建峰,林先贵.我国微生物肥料研究现状及发展趋势[J].土壤,2002(2):68-72.
- [5] 关松荫,张德生.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986:45-60,294-323.
- [6] 赵斌,何绍江.微生物学试验[M].北京:科学出版社,2002:23-54.
- [7] 马云华,魏珉,王秀峰.日光温室连作黄瓜根区微生物区系及酶活性的变化[J].应用生态学报,2004,15(6):1005-1008.
- [8] 吴凤芝,王学征.设施黄瓜连作和轮作中土壤微生物群落多样性的变化及其与产量品质的关系[J].中国农业科学,2007,40(10):2274-2280.
- [9] 郭敬华,石琳琪,董灵迪,等.秸秆生物反应堆对日光温室黄瓜生育环境及产量的影响[J].河北农业科学,2009(5):17-19.
- [10] 劳秀荣,孙伟红,王真,等.秸秆还田与化肥配合施用对土壤肥力的影响[J].土壤学报,2002,40(6):618-623.
- [11] 甄丽莎,谷洁,高华,等.秸秆还田与施肥对土壤酶活性和作物产量的影响[J].西北植物学报,2012,32(9):1811-1818.
- [12] 徐全辉,赵强.秸秆生物反应堆技术的应用对温室生态环境因子的影响[J].安徽农业科学,2010,38(24):12999-13000.
- [13] 彭杏敏,陈之群,陈青云,等.内置秸秆反应堆和菌剂对日光温室土壤温度及越冬番茄生长的影响[J].中国蔬菜,2011(22/24):63-67.

Effects of Straw Reactors and Function Microorganism on Growth and Soil Micro-eco-environment of Tomato

HE Zhi-gang, WANG Xiu-juan, DONG Huan, LOU Chun-rong, NIU Shi-wei, ZHANG Xin

(Plant Nutrition and Environmental Resources Research Institute, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang, Liaoning 100161)

Abstract: Taking 'Jinpeng No. 1' tomato as material, the effects of built-in straw reactors and function microorganism on growth and soil micro-eco-environment of tomato in solar greenhouse were studied. The results showed that application functionality microorganism and straw bio-reactor could promote plant growth at the early growth period, increase soil enzyme activity, microflora turn to normal. Straw reactors could improve fertilizing soil, reduce salt cumulative, promote soil available potassium. Straw reactors and microbial agents could significantly accelerate the growth rate of overwintering tomato plants so early tomato production increased by 8.7%~12.4%.

Key words: built-in straw reactor; function microorganism; solar-house; tomato; soil enzyme; microflora