

设施甜瓜秧蔓还田对下茬豇豆根系和制种产量的影响

郭智勇, 谢利芬, 王红宾, 于海培

(安阳市农业科学院 河南安阳 455000)

摘要: 针对设施甜瓜-豇豆种植模式中甜瓜秧蔓处理和豇豆根腐病问题, 开展了设施甜瓜秧蔓直接还田种植豇豆试验, 分析其对下茬豇豆根系和制种产量的影响。结果表明, 甜瓜秧蔓直接还田后种植豇豆, 豇豆平均主根长、根干质量极显著高于甜瓜秧蔓未还田处理, 分别提高 63.43%、59.54%; 甜瓜秧蔓未还田种植的豇豆根腐病株率、病情指数分别为还田处理的 3.53、8.58 倍, 差异极显著; 甜瓜秧蔓还田处理后豇豆种子产量极显著高于甜瓜秧蔓未还田处理, 提高 58.64%; 豇豆主根长、根干质量均与豇豆种子产量呈极显著正相关; 豇豆根腐病株率、病情指数均与豇豆种子产量呈极显著负相关。甜瓜秧蔓配施微生物菌剂直接还田, 显著减轻了下茬豇豆根腐病的发生程度, 促进了下茬豇豆根系的生长, 提高了下茬豇豆的种子产量。

关键词: 甜瓜秧蔓废弃物; 直接还田; 豇豆根系; 豇豆根腐病; 种子产量

中图分类号: S643.4

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2023)03-054-04

Effects of melon vines returning to the field on the root system and seed yield of cowpea

GUO Zhiyong, XIE Lifen, WANG Hongbin, YU Haipei

(Anyang Academy of Agricultural Sciences, Anyang 455000, Henan, China)

Abstract: In order to solve the problems of muskmelon vine treatment and cowpea root rot in the greenhouse muskmelon-cowpea planting model, the experiment of muskmelon vine returning directly to the field to plant cowpea was carried out, to analyze the effect on root system and seed production yield of next crop cowpea. The results showed that the average root length and root dry weight of cowpea were significantly higher than those of the control, which increased by 63.43% and 59.54% respectively. The percentage of diseased plants and disease index of cowpea root rot were 3.53 and 8.58 times higher than those of the control, respectively. The seed yield of cowpea was significantly increased by 58.64% after the treatment of muskmelon vine returning to field, and the main root length and root dry weight were positively correlated with the seed yield of Cowpea. There was a significant negative correlation between the yield of cowpea seeds and the rate of diseased plants and disease index of cowpea root rot. The results showed that the application of microbial inoculants to muskmelon seedlings could significantly reduce the incidence of root rot, promote the root growth and increase the seed yield of next-cropping cowpea.

Key words: Muskmelon vine waste; Direct return to field; Cowpea root system; Cowpea root rot; Seed yield

以山东、河南为代表的华北平原产区的规模优势正在逐步突显, 已经发展成为全国最大的甜瓜主产区^[1]。连作种植和化肥、农药过量施用导致了设施甜瓜土壤质地恶化、病害严重, 甜瓜产量和质量下降^[2]。土壤是植物生长的根基, 土壤环境恶化已成为制约我国设施甜瓜生产的主要障碍因子。盐渍化影响更大一些。提升设施土壤质量, 核心是调控土壤微生物。采用秸秆还田、土壤增施调理剂等

措施, 可在不同程度上改善土壤物理性质^[3]。瓜菜产业的快速发展也产生了大量含水量高、不易运输的废弃物, 受经济、技术水平和废弃物资源化处置、利用条件的限制, 大量的废弃物未被合理处置利用, 而是被随意堆放腐烂, 污染环境, 排放大量温室气体。瓜菜废弃物的无害化处理与资源化利用是目前相关研究的热点, 直接还田处理是近年来研究较多的处理方式之一。

收稿日期: 2022-07-11; 修回日期: 2023-02-03

基金项目: 2018 年度河南省科技攻关项目(182102110431)

作者简介: 郭智勇, 男, 副研究员, 研究方向为生态农业。E-mail: 13569038395@163.com

通信作者: 王红宾, 男, 副研究员, 研究方向为蔬菜育种与栽培。E-mail: hnaywhb@163.com

瓜菜秸秆还田对改良土壤性质、减少化肥使用量、实现农业的可持续发展等具有积极意义^[4],但瓜菜秸秆还田对下茬作物是否安全有待于具体研究。番茄和辣椒新鲜秸秆还田处理对部分蔬菜幼苗生长有抑制作用^[5];甜椒、番茄和黄瓜秸秆还田可降低土壤容重,提高土壤 pH 值及有机质、碱解氮、速效磷、速效钾的含量,增强土壤酶活性,促进黄瓜植株生长,提高果实产量,改善黄瓜品质^[6]。番茄秸秆和甘蓝叶残体配施菌剂还田能够有效促进土壤腐殖质和胡敏酸含量增加^[7]。目前我国对瓜菜废弃物还田后对下茬作物和土壤环境影响的研究还比较少,缺少对瓜菜废弃物还田技术的综合评价体系、还田操作规范化程度不够、还田受机械化程度制约、秸秆资源化利用宣传力度不足等问题依然存在^[8]。

设施甜瓜-豇豆茬口是设施蔬菜重要模式之一,目前甜瓜生产结束后秧蔓如何有效处理成为影响产地环境的急需解决的问题,随着多年种植,根腐病愈来愈成为影响当地豇豆制种生产的重要因素。针对此问题,笔者进行了大棚甜瓜秧蔓还田对下茬豇豆根系生长及制种产量影响的研究,以期为大棚甜瓜秧蔓处理和甜瓜-豇豆种植模式推广提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

甜瓜品种为天津德瑞特种业有限公司生产的博洋9号,豇豆品种为安阳市农业科学院生产的安豇长青。甜瓜秧蔓腐熟剂为中农绿康(北京)生物技术有限公司蔬菜的有机物料(秸秆型)腐熟剂,有效菌种名称分别为枯草芽孢杆菌、酿酒酵母、绿色木霉,有效活菌数 ≥ 5.0 亿 CFU $\cdot g^{-1}$,参照产品说明书用量为 667 m²施用 2 kg。

1.2 试验方法

试验于 2021 年 3—10 月在安阳市农业科学院永和试验基地大棚内进行,大棚长 120 m,宽 8 m,棚龄 6 年,土质为潮土,常年种植茬口为春季甜瓜-秋季豇豆。甜瓜 2021 年 3 月 5 日栽苗,667 m²栽苗 2000 株,7 月 13 日拔秧,7 月 14 日秧蔓还田。试验棚从中间分开,南半部为处理(甜瓜秧蔓直接还田),北半部为对照(甜瓜秧蔓未还田)。秧蔓还田和还不还田地分别设随机区组试验,3 次重复,小区长 3.50 m,宽 1.50 m,面积 5.25 m²。甜瓜秧蔓还田区操作步骤如下:解下吊绳,揭除地膜,小区甜瓜秧

蔓分别称质量后均匀平铺于地表,小区外甜瓜秧蔓作为保护行同样平铺于地表。然后用秸秆粉碎机械将甜瓜秧蔓就地粉碎,将腐熟剂撒施于粉碎的秧蔓上。用旋耕机翻耕并混合均匀,整平土地。还田与未还田地同时灌足水分,地面覆盖薄膜,密闭大棚所有通风口进行高温闷棚 14 d。闷棚结束后,通风排湿,整地,7 月 31 日种植豇豆,穴距 35 cm,每穴 2 株,行距 75 cm。豇豆生长期雨水较往年偏多,试验棚内处理与对照均有雨水漫过;处理与对照管理措施相同,均未施药剂防治豇豆根腐病。10 月 23 日进行小区豇豆种子测产,对小区豇豆根系取样测量并进行根腐病调查。

1.3 根系取样方法和测定项目

豇豆主根长度和根系干质量取样调查方法如下:每小区随机取 3 穴(6 株)豇豆根系,每穴豇豆根部挖取地表面积 30 cm \times 30 cm、地表下 20 cm 土壤内根系。根系取样后用卷尺测量主根长,风干 7 d 后用天平测量根干质量。

豇豆根腐病取样调查方法如下:每小区随机如上挖取 10 穴(20 株)豇豆根系调查,按病情严重程度将病情分 6 级:0 级,无病;1 级,根茎部表皮见病斑;2 级,表皮发红;3 级,表皮一半腐烂;4 级,表皮全部腐烂;5 级,病害深达髓部,植株死亡。病株率、病情指数按以下公式进行计算:

$$\text{病株率}/\%=(\text{病株数}/\text{调查总株数})\times 100; \quad (1)$$

$$\text{病情指数}=\frac{\sum(\text{各病级株数}\times\text{病级代表数值})}{\text{调查总株数}\times\text{最高病级代表值}}\times 100. \quad (2)$$

1.4 数据统计与分析

采用 Excel 2007 进行数据整理,采用 SPSS 26.0 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 甜瓜秧蔓还田对下茬豇豆根系长势的影响

由图 1 可以看出,甜瓜秧蔓还田处理豇豆主根明显长于对照(甜瓜秧蔓未还田)豇豆主根。由表 1 可知,与对照相比,甜瓜秧蔓还田处理后种植的豇豆平均主根长为 21.9 cm,平均根干质量为 2.066 g/株⁻¹,均极显著高于对照,分别增加 63.43%、59.54%。表明甜瓜秧蔓还田处理可以极显著提高下茬豇豆的主根长。

2.2 甜瓜秧蔓还田对下茬豇豆根腐病的影响

由图 1、表 2 可以看出,甜瓜秧蔓还田处理豇豆根腐病显著轻于对照,甜瓜秧蔓还田处理豇豆根腐病病株率为 28.33%,病情指数为 5.67;而对照豇豆



注:主根上发黑部分为根腐病症状。

图1 主根长度与根腐病症状

表1 甜瓜秧蔓还田对下茬豇豆根系长势的影响

处理	主根长/ cm	比CK+/ %	根干质量/ g	比CK+/ %
甜瓜秧蔓还田	21.9±1.0 A	63.43	2.066±0.019 A	59.54
甜瓜秧蔓未还田(CK)	13.4±1.6 B		1.295±0.040 B	

注:同列数字后不同大写字母表示不同处理间在0.01水平差异极显著。下同。

表2 甜瓜秧蔓还田对下茬豇豆根腐病的影响

处理	根腐病病株率/%	根腐病病情指数
甜瓜秧蔓还田	28.33±7.64 A	5.67±1.53 A
甜瓜秧蔓未还田(CK)	100.00±0.00 B	48.67±1.53 B

根腐病病株率和病情指数分别为100%、48.67,是甜瓜秧蔓还田处理豇豆根腐病的3.53、8.58倍。因此,甜瓜秧蔓还田处理豇豆根腐病发病程度极显著低于对照,说明甜瓜秧蔓还田处理可极显著减轻下茬豇豆根腐病的发生程度。

2.3 甜瓜秧蔓还田对下茬豇豆种子产量的影响

由表3可知,甜瓜秧蔓还田后种植豇豆,豇豆种子产量与甜瓜秧蔓未还田处理(CK)相比差异显著;下茬豇豆种子小区产量0.560 kg(折合667 m²产量71.15 kg),极显著高于对照小区产量0.353 kg(折合667 m²产量43.20 kg),提高58.64%,表明甜

表3 甜瓜秧蔓还田对下茬豇豆种子产量的影响

处理	小区产量/ kg	折合667 m ² 产量/ kg	比CK+/ %
甜瓜秧蔓还田	0.560±0.014 A	71.15 A	58.64
甜瓜秧蔓未还田(CK)	0.353±0.025 B	44.85 B	

瓜秧蔓还田处理可以极显著提高下茬豇豆的种子产量。

由表4可知,豇豆种子产量与豇豆主根长、根干质量相关系数均为0.995,说明豇豆种子产量与与豇豆主根长、根干质量呈极显著正相关;豇豆种子产量与豇豆根腐病病株率、病情指数相关系数分

表4 豇豆种子产量与豇豆主根长、根干质量及根腐病病株率、病情指数的相关性

项目	豇豆种子产量与主根长	豇豆种子产量与根干质量	豇豆种子产量与根腐病病株率	豇豆种子产量与根腐病病情指数
相关系数(R)	0.995**	0.995**	-0.971**	-0.985**

注:R>0表示正相关,R<0表示负相关,**表示在0.01水平差异极显著。

别为-0.971、-0.985,说明豇豆种子产量与豇豆根腐病病株率、病情指数均呈极显著负相关。

以上数据说明,甜瓜秧蔓配施微生物菌剂还田处理后种植豇豆,可以降低豇豆根腐病病株率和病情指数、增加豇豆主根长和根干质量,从而提高豇豆种子产量,且与甜瓜秧蔓未还田处理相比差异极显著。豇豆主根长、根干质量、根腐病病株率、病情指数均对豇豆种子产量有极显著影响,甜瓜秧蔓还田处理大幅提高了下茬豇豆种子产量。

3 讨论

根系是植物获得矿质营养的主要器官,“根深叶茂”表明了地下根系对植物地上部的重要作用,健壮的根系对植物高效吸收养分至关重要^[9]。土传病害对植物根系的生长发育具有重要影响,而根际是土传病原体入侵作物根系的必经之路^[10]。前人研究表明,根际微生物防控土传病害效果显著^[11-12]。根际微生物通过占据根际生境中更多的生存空间、消耗有限的营养物质、产生对土传病原菌有抑制作用的活性代谢产物、诱导植物产生系统抗性等机制在土传病害防控中发挥重要作用^[13]。还有研究表明,蔬菜废弃物还田在改善土壤理化和生物特性的同时优化作物的根区环境,促进下茬植株生长发育,提高产量^[14]。番茄产量与土壤放线菌数量存在很强的正相关性,番茄秸秆还田配施含有枯草芽孢杆菌、酿酒酵母、绿色木霉等菌种的菌剂处理,可显著提高土壤有益菌放线菌的数量,从而减轻了土传病害的发生,达到增产效果^[15]。随着种植年数的增加,根腐病会成为影响豇豆生产的重要因素,一般病株率在25%~40%,严重的在60%以上,豇豆根腐病的发生与气候、管理等有密切关系,其中温度、降雨量为主要影响因子,29~30℃、多雨气候环境下发病重。秋豇豆遇多雨季节可造成根腐病严重发生,严重地块株发病率可达100%,死株率可达70%以上^[16]。豇豆根腐病病情指数越高,豇豆产量越低;根腐病情指数每增加1%,每667 m²豇豆产量将减少22.8 kg^[17]。芽孢杆菌对豇豆根腐病具有较强的抑制

作用^[18], 秸秆腐解物可为土壤生物提供不同的碳源和能源, 维持土壤微生物群落多样性, 改善土壤理化性质, 提高多种土壤酶的活性, 从而提高土壤供肥能力, 促进豇豆根系生长、吸收更多养分, 进而提高豇豆幼苗叶片叶绿素含量和抗氧化能力, 有利于豇豆幼苗生长发育^[19]。

笔者的试验结果表明, 甜瓜秧蔓还田处理豇豆根腐病病株率 28.33%、病情指数 5.67; 甜瓜秧蔓未还田病株率 100%、病情指数 48.67, 分别为甜瓜秧蔓还田处理的 3.53、8.58 倍; 豇豆平均主根长 21.9 cm、根干质量 2.066 g·株⁻¹, 极显著高于甜瓜秧蔓未还田平均主根长 13.4 cm、根干质量 1.294 g·株⁻¹; 豇豆种子每 667 m² 产量 71.15 kg, 极显著高于对照甜瓜秧蔓未还田处理每 667 m² 产量 44.85 kg, 这与孙小妹等^[13]研究结果具有类似的趋势。可能是由于甜瓜秧蔓还田处理时施入的腐熟剂中含有的枯草芽孢杆菌、绿色木霉、酿酒酵母等多种活性微生物综合作用下的效果。其中枯草芽孢杆菌可以降解纤维素^[20], 对菜豆根腐病病原菌有较强的抑制作用, 且能促进根系的发育^[21]; 绿色木霉能够有效降解纤维素类物质、强烈抑制病原菌并显著提高植物抗病性^[22]; 酿酒酵母可以加快秸秆的腐熟过程^[23]。甜瓜秧蔓配施腐熟剂还田, 促进了甜瓜秧蔓快速腐解, 腐解物为土壤微生物活动和扩繁提供了碳源和能源, 使枯草芽孢杆菌、绿色木霉、酿酒酵母等占据了豇豆根际大量生存空间, 产生的代谢产物对土传病原菌具有抑制作用, 同时诱导植物产生系统抗性。在以上综合因素作用下, 土壤有益微生物控制了豇豆根腐病病原菌生存空间, 从而根腐病发病显著低于对照; 健壮的根系吸肥能力更强, 因此甜瓜秧蔓还田处理豇豆种子产量显著高于甜瓜秧蔓未还田豇豆种子产量。笔者试验过程中未施用药剂防治豇豆根腐病, 甜瓜秧蔓未还田处理豇豆根腐病发病较往年偏重的原因可能与试验期间遇多次大雨有关, 雨水经大棚放风口进入试验地块, 致豇豆根腐病病情程度较重。笔者的试验结果具有一定的研究意义, 但试验条件存在一定局限性, 需要今后进行重复试验加以验证, 以提高试验结果的代表性。

4 结 论

大棚多年春甜瓜-秋豇豆种植模式中, 在多云条件下, 甜瓜秧蔓配施微生物菌剂直接还田, 能够显著减轻下茬豇豆根腐病的发生程度、促进下茬豇豆根系的生长, 从而提高下茬豇豆种子产量, 研究

结果可为生产提供指导。

参考文献

- [1] 李琼华, 张琳, 闫桑, 等. 2010—2020 年中国甜瓜生产成本的县域定点观测数据集[J]. 中国科学数据(中英文网络版), 2021, 6(4): 171-178.
- [2] 郑立伟, 赵阳阳, 王一冰, 等. 不同连作年限甜瓜种植土壤性质和微生物多样性[J]. 微生物学通报, 2022, 49(1): 101-114.
- [3] 田恬, 田永强, 高丽红, 等. 设施菜田土壤质量研究进展[J]. 中国蔬菜, 2021(10): 35-44.
- [4] 吴文辉, 朱为静, 朱凤香, 等. 蔬菜废弃物还田资源化利用潜力分析[J]. 浙江农业科学, 2020, 61(10): 2018-2023.
- [5] 杨冬艳, 桑婷, 冯海萍, 等. 番茄与辣椒秸秆不同还田方式对茄果类蔬菜幼苗生长的影响[J]. 福建农业学报, 2020, 35(3): 273-279.
- [6] 李潇雅, 陈晓璐, 张大龙, 等. 蔬菜秸秆还田对日光温室黄瓜连作土壤理化性状及植株生长和产量的影响[J]. 山东农业科学, 2021, 53(11): 88-93.
- [7] 吴文辉, 朱为静, 朱凤香, 等. 蔬菜废弃物还田量及配施菌剂对土壤腐殖质组成的影响[J]. 农业资源与环境学报, 2022, 39(1): 182-192.
- [8] 姜珊, 李衍素, 王娟娟, 等. 我国秸秆还田技术发展现状[J]. 中国蔬菜, 2021(11): 27-32.
- [9] 沈仁芳, 孙波, 施卫明, 等. 地上-地下生物协同调控与养分高效利用[J]. 中国科学院院刊, 2017, 32(6): 566-574.
- [10] PHILIPPOT L, RAAIJMAKERS J M, LEMANCEAU P, et al. Going back to the roots: The microbial ecology of the rhizosphere[J]. Nature Reviews Microbiology, 2013, 11(11): 789-799.
- [11] 吕恒, 牛永春, 邓晖, 等. 根际真菌对黄瓜土传病害的抑制作用[J]. 应用生态学报, 2015, 26(12): 3759-3765.
- [12] 张瑞福, 沈其荣. 抑病型土壤的微生物区系特征及调控[J]. 南京农业大学学报, 2012, 35(5): 125-132.
- [13] 钟丽伟, 谭鸿升, 陈泽斌, 等. 根际微生物防治土传病害的研究进展[J]. 昆明学院学报, 2022, 44(3): 75-82.
- [14] 张福建, 王馨悦, 陈昱, 等. 3 种作物幼嫩茎叶干粉对连作辣椒幼苗生长及根际土壤生物特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(9): 1569-1576.
- [15] 孙小妹, 俞兆鹏, 吕文军, 等. 番茄秸秆原位还田配施腐解菌剂对番茄生产的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2022, 40(3): 136-144.
- [16] 李小荣, 王连生, 刘志龙. 影响豇豆根腐病的发病因子及防治对策[J]. 浙江农业科学, 2006, 47(6): 693-695.
- [17] 杨玉洁, 王学平. 豇豆根腐病产量损失与防治指标研究[J]. 上海蔬菜, 2008(6): 79-80.
- [18] 胡洪涛, 朱志刚, 李金泉, 等. 芽孢杆菌(*Bacillus* spp.)防治豇豆根腐病效果[J]. 长江蔬菜, 2018(20): 47-49.
- [19] 陈昱, 张福建, 范淑英, 等. 秸秆腐解物对豇豆连作土壤性质及幼苗生理指标的影响[J]. 核农学报, 2019, 33(7): 1472-1479.
- [20] 温学鹏. 枯草芽孢杆菌降解纤维素的作用及纤维素酶基因过表达载体的构建[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2019.
- [21] 赵长龙, 赵慧妍. 枯草芽孢杆菌 YB5 对菜豆根腐病菌的抑菌机制测定及应用[J]. 黑龙江农业科学, 2016(8): 54-57.
- [22] 贺超, 王文全, 侯俊玲. 绿色木霉对生物降解和生物防治的影响机理与应用研究进展[J]. 微生物学杂志, 2019, 39(3): 122-128.
- [23] 孙旭, 汝超杰, 苏良湖, 等. 3 种秸秆腐熟剂微生物组成及其腐熟效果[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(3): 212-215.