

不同连作年限土壤对茄子土壤生物学活性的影响及其嫁接调节^{*}

周宝利^{**} 徐妍 尹玉玲 叶雪凌

(沈阳农业大学园艺学院, 沈阳 110161)

摘 要 探讨了不同连作年限土壤对茄子根际土壤微生物数量、土壤酶活性的影响及其相关性和嫁接对重要相关因子的调节作用。结果表明,随着连作年限的增加,茄子根际土壤细菌数量和放线菌数量呈下降趋势,真菌数量呈增加趋势;根际土壤中的过氧化氢酶、过氧化物酶、多酚氧化酶、蛋白酶的活性呈降低趋势;土壤微生物数量和土壤酶活性之间有显著的相关性。其中过氧化氢酶、过氧化物酶、多酚氧化酶、蛋白酶是影响根际土壤中细菌和放线菌数量的主要因子,蛋白酶是影响根际土壤中真菌数量的主要因子。嫁接能提高土壤酶活性,缓解连作土壤带来的胁迫。

关键词 茄子;连作土壤;土壤微生物;土壤酶;嫁接调节

中图分类号 S641.1 S344.4 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2010)2-0290-05

Effects of different years continuous cropping and grafting on the biological activities of eggplant soil. ZHOU Bao-li, XU Yan, YIN Yu-ling, YE Xue-ling (College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161). *Chinese Journal of Ecology* 2010 29(2): 290-294.

Abstract: This paper studied the effects of different years continuous cropping and grafting on the microbial amounts and enzyme activities of eggplant soil. With the increasing year of continuous cropping, the amounts of bacteria and actinomycetes as well as the activities of catalase, peroxidase, polyphenol oxidase, and protease in own-rooted eggplant rhizosphere soil decreased, while that of fungi increased. There were significant positive correlations between soil microbial amounts and soil enzyme activities. The main factors affecting the amounts of soil bacteria and actinomycetes were the activities of soil catalase, peroxidase, polyphenol oxidase, and protease, and the main factor affecting the amount of soil fungi was the activity of soil protease. Grafting increased the enzyme activities of eggplant soil, and relieved the stress of continuous cropping.

Key words: eggplant; continuously cropped soil; soil microbe; soil enzyme; graft regulation.

茄子是设施栽培的主要蔬菜之一,由于有限的耕地面积与市场周年需求的矛盾,导致茄子连作现象普遍。随着连作年限的增加,茄子的连作障碍现象愈加严重,造成茄子产量降低,品质变劣(周宝利和姜荷,2001)。土壤微生物和土壤酶既是土壤有机物转化的执行者,又是植物营养元素的活性库(Klemmedtsson *et al.*, 1987; Singh *et al.*, 1989)。Shiomi 等(1999)研究抗病与易感病土壤微生物群落结构,发现病原菌很难在微生物多样性高的土壤中滋

生。土壤微生物的数量是不同生态系统土壤肥力的重要生物学指标(高云超等,1994),而土壤酶活性是评价土壤生物活性和土壤肥力的重要指标(李勇,1989;孙波等,1997)。研究表明,土壤微生物多样性能敏感地反应生态系统的功能演变及环境胁迫等的影响,可揭示土壤微生物种类和功能的差异(Kelly & Tate, 1998; Kozdroj & van Elsas, 2000),其变化与酶活性密切相关(关松荫,1986)。研究表明,茄子的抗病性与土壤微生物及土壤酶活性有密切关系(高子勤和张淑香,1998;李云鹏等,2007;尹玉玲等,2008; Yin *et al.*, 2009)。以往对茄子连作障碍的研究主要集中在连作对茄子植株的危害及茄子产量

^{*} 国家科技支撑计划项目(2008BADA6B02)和辽宁省教育厅高等学校创新团队资助项目(2009T087)。

^{**} 通讯作者 E-mail: zblaaa@163.com

收稿日期:2009-08-21 接受日期:2009-09-20

的影响上 ,而对不同连作年限土壤对茄子土壤生物学活性的影响及嫁接调控方面的研究少见报道。本试验针对不同连作年限土壤 ,采用盆栽的方法 ,研究茄子在连作条件下土壤根际微生物数量和土壤酶活性的变化趋势及其相关性 ,利用嫁接换根探讨嫁接对土壤微生物和土壤酶主要相关因子的调节作用 ,为克服茄子连作障碍提供指导。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2008 年在沈阳农业大学蔬菜基地日光温室内进行。供试的嫁接茄子砧木为“托鲁巴姆”(*Solanum torvum*),接穗为“西安绿茄”(*S. melongena*)。以“西安绿茄”自根苗处理为对照。供试品种均由沈阳农业大学园艺学院提供。2008 年 1 月 18 日播种砧木 ,2 月 12 日播种接穗 ,当砧木苗长至 4~5 片真叶时采用劈接法嫁接。嫁接茄成活后 ,挑选生长一致的嫁接茄苗和自根茄苗移栽到内径为 21 cm 的瓦盆中。盆栽土为从一块土地取的连作年限分别为 1、3、5 年种植过茄子的连作土壤 ,分别与适当肥料混合拌匀 ,每盆装土 1 kg ,定植后正常管理。每个处理 9 次重复。在温室内随机排列。

1.2 测定指标与方法

分别于茄子现蕾期、开花期、结果期调查取样 ,测定茄子根际土壤微生物数量和土壤酶活性。根际土壤采用洗涤法取样 ,再用土壤稀释分离法(王茹华等 2005) ,剪下抖土后的植株根系 ,每个处理从 3 株根上取须根共约 2 g ,放入装有 100 ml 无菌水的三角瓶中 ,在振荡器上振荡 30 min ,将三角瓶内水溶液摇匀后即成根际土壤悬浮液。根际真菌、细菌、放线菌分别采用马丁氏培养基、牛肉膏蛋白胨培养基和改良高氏 1 号培养基进行分离培养 ,每种微生物各浓度处理均分离 3 皿(3 次重复)。稀释分离后放入 25℃ 温箱内培养 ,每天观察菌落生长情况 ,选择生长菌落数 10~100 个·皿⁻¹ 的浓度及时计数。根际土壤质量采用烘干法测定 :取 20 ml 混匀的土壤悬浮液 ,放入蒸发皿内烘干 ,计算出每毫升土壤悬浮液中根际土壤质量。最后计算出每克干土中根际微生物的数量。

土壤酶活性测定的取样方法 ,先将 2 cm 表土轻轻除去 ,再挖出全部根系 ,抖落大土块后将附着于根系上的细土抖落至干净取样袋中。称取约 20 g 根际土风干后过 1 mm 筛测定土壤酶活性。过氧化氢

酶采用高锰酸钾滴定法(许光辉和郑洪元 ,1986) ,酶活性以 1 g 干土 0.5 h 内消耗的 0.1 mol·L⁻¹ KMnO₄ 体积数(以 ml 计)表示 ;过氧化物酶和多酚氧化酶采用邻苯三酚比色法 ,酶活性以 1 g 干土 3 h 内生成的没食子素的量(以 mg 计)表示 ;比色测定甘氨酸的量可作为土壤蛋白酶的活性指标 ,酶活性以 24 h 后 1 g 土壤中酶促反应后生成的甘氨酸毫克数表示(严昶升 ,1988)。

1.3 数据处理方法

利用 DPS(7.5)对数据进行方差分析(ANOVA)和相关性分析 ,差异显著性水平(*P* < 0.05)通过最小显著差数法(LSD)进行检验。

2 结果与分析

2.1 不同连作年限土壤对茄子土壤微生物数量的影响

由表 1 可以看出 ,无论是现蕾期、开花期还是结果期 ,随着连作年限的增加细菌数量呈下降的趋势 ,真菌数量呈增加的趋势 ,而放线菌的数量变化波动性较大 ,连作 1 年和连作 3 年的处理中放线菌的数量先增加后下降 ,连作 5 年的处理中放线菌的数量呈下降的趋势。细菌数量的最大值出现在连作 1 年的现蕾期 ,比同时期连作 3 年的细菌数量多 14%、连作 5 年的细菌数量多 1 倍 ,差异显著。放线菌数量的最大值出现在连作 3 年的开花期 ,比同时期连作 1 年的放线菌数量多 3.8%、连作 5 年的放线菌数量多 3 倍 ,差异显著。真菌数量的最大值出现在连作 5 年的结果期 ,比同时期连作 1 年多 19%、连作 3 年多 21% ,差异显著。

表 1 不同连作年限土壤对茄子土壤微生物数量的影响(× 10⁶ cfu·g⁻¹)

Tab.1 Effect of different continuous cropping year on soil microbe number in eggplants

处理	时期	细菌	放线菌	真菌
连作 1 年土壤	现蕾期	74199.81 a	3288.07 c	24.00 cd
	开花期	73458.34 a	3665.57 b	29.00 cd
	结果期	67940.63 b	2504.62 e	33.50 ab
连作 3 年土壤	现蕾期	65056.55 b	2903.56 d	23.75 cd
	开花期	64524.42 b	3805.84 a	28.75 cd
	结果期	58035.64 c	2490.45 e	33.00 bc
连作 5 年土壤	现蕾期	31583.10 d	1757.99 f	34.50 ab
	开花期	22508.70 e	1138.74 g	39.00 a
	结果期	16450.75 f	980.73 h	40.00 a

同列不同小写字母分别表示在 0.05 水平上差异显著。表 2 同。

表 2 不同连作年限土壤对茄子自根茄和嫁接茄土壤酶活性的影响
Tab.2 Effect of different continuous cropping year on soil enzyme activities of own-rooted and grafted eggplants

			过氧化氢酶	过氧化物酶	多酚氧化酶	蛋白酶
			(mg · g ⁻¹ · 0.5 h ⁻¹)	(mg · g ⁻¹ · 3 h ⁻¹)	(mg · g ⁻¹ · 3 h ⁻¹)	(mg · 100 g ⁻¹ · 24 h ⁻¹)
自根	连作 1 年土壤	现蕾期	0.85 bcde	205.45 cd	3.08 a	394.60 b
		开花期	1.37 abc	198.45 cd	2.74 abc	390.26 b
		结果期	0.98 bcde	187.34 d	1.10 cd	308.67 f
	连作 3 年土壤	现蕾期	0.38 de	166.18 e	1.48 abcd	369.93 c
		开花期	0.77 bcde	154.74 ef	1.26 bcd	365.60 cd
		结果期	0.72 bcde	150.62 ef	0.97 d	308.26 f
	连作 5 年土壤	现蕾期	0.27 e	150.24 ef	0.87 d	306.26 G
		开花期	0.27 e	144.95 fF	0.63 d	294.26 f
		结果期	0.25 e	140.69 f	0.74 d	294.26 f
嫁接	连作 1 年土壤	现蕾期	1.85 a	235.67 a	2.89 ab	444.27 a
		开花期	1.78 a	236.15 a	2.76 abc	427.93 a
		结果期	1.47 ab	233.74 ab	2.01 abcd	407.60 b
	连作 3 年土壤	现蕾期	1.18 abcd	226.15 ab	1.94 abcd	371.27 c
		开花期	0.97 bcde	226.46 ab	1.89 abcd	333.27 e
		结果期	0.92 bcde	216.34 bc	1.52 bcd	360.93 cd
	连作 5 年土壤	现蕾期	0.62 cde	206.37 c	1.34 bcd	361.60 cd
		开花期	0.50 de	201.61 cd	1.26 bcd	351.27 dEF
		结果期	0.38 de	200.63 cd	1.24 bcd	304.27 f

2.2 不同连作年限土壤对茄子土壤酶活性的影响

由表 2 可见 ,无论是现蕾期、开花期还是结果期 ,随着连作年限的增加茄子根际土壤的过氧化氢酶、过氧化物酶、多酚氧化酶、蛋白酶活性逐年降低。在连作 1 年处理 3 个时期相比 ,过氧化氢酶、多酚氧化酶、蛋白酶的活性不显著 ,过氧化物酶的活性差异显著 ,连作 3 年和连作 5 年的处理同连作 1 年的处理。同时期相比较 ,3 个处理之间过氧化氢酶、蛋白酶的活性差异不显著 ,过氧化物酶、多酚氧化酶的活性差异显著。过氧化氢酶和蛋白酶的变化趋势较小。

2.3 连作条件下茄子土壤微生物与土壤酶活性之间的相关性

由表 3 可以看出 ,细菌、放线菌与所有因子都呈正相关 ,真菌与所有因子均呈负相关。细菌、放线菌与所有因子的相关性均显著 ,真菌与蛋白酶的相关性显著 ,与其余因子的相关性均不显著。细菌与过氧化氢酶、过氧化物酶、蛋白酶呈极显著正相关 ,与多酚氧化酶呈显著正相关 ,放线菌与蛋白酶呈极显著正相关 ,与过氧化氢酶、过氧化物酶、多酚氧化酶呈显著正相关 ,真菌与蛋白酶呈显著负相关。说明土壤酶的活性与土壤中微生物的数量密切相关 ,其中过氧化氢酶、过氧化物酶、多酚氧化酶、蛋白酶是影响根际土壤中细菌和放线菌数量的主要因子 ,蛋

白酶是影响根际土壤中真菌数量的主要因子。

2.4 嫁接调控不同连作年限土壤中土壤微生物和土壤酶的相关因子

由表 2 可以看出 ,随着连作年限的增加 ,茄子根际土壤的过氧化氢酶、过氧化物酶、多酚氧化酶、蛋白酶活性呈逐年降低趋势 ,但嫁接茄的各种土壤酶活性均高于自根茄。在结果期嫁接调节作用表现的比较突出 ,在连作 1、3、5 年的各处理中 ,嫁接茄的过氧化氢酶活性分别比自根茄高出 49.19%、28.13%、48.00% ,过氧化物酶的活性分别比自根茄高出了 24.76%、43.62%、42.61% ,多酚氧化酶的活性分别比自根茄高出了 82.72%、56.74%、81.80% ,蛋白酶的活性分别比自根茄高出了 32.05%、17.08%、3.47% ,都达到了显著性差异水平。

表 3 不同连作年限土壤中土壤微生物数量与土壤酶活性的相关系数
Tab.3 Correlation coefficient between soil microbial quantity and soil enzyme activities in different continuous cropping year

相关因子	细菌	放线菌	真菌
过氧化氢酶	0.80 **	0.76 *	-0.49
过氧化物酶	0.80 **	0.66 *	-0.33
多酚氧化酶	0.76 *	0.74 *	-0.51
蛋白酶	0.78 **	0.87 **	-0.67 *

* P<0.05 , ** P<0.01 ,下同。

3 讨 论

本试验结果显示,无论是在现蕾期、开花期还是在结果期,随着连作年限的增加,茄子土壤中细菌和放线菌的数量大幅度减少,而真菌的数量大幅度增加,过氧化氢酶、过氧化物酶、多酚氧化酶、蛋白酶的活性随着连作年限的增加而逐年降低。过氧化氢酶、过氧化物酶、多酚氧化酶、蛋白酶是影响根际土壤中细菌和放线菌数量的主要因子,蛋白酶是影响根际土壤中真菌数量的主要因子。嫁接茄子的各项指标均优于自根茄,可见,嫁接茄能够缓解连作障碍给茄子根际土壤带来的胁迫。

连作障碍的产生与土壤微生物数量和活性关系密切(马云华等,2005)。试验证明,茄子连作引起了细菌和放线菌数量减少,其中细菌减幅较大。而放线菌对茄子连作的反映不如细菌那么明显,连作1年与连作3年茄子根部放线菌数量变化较小,到连作5年才开始表现出明显减少的趋势。虽然土壤中可培养的微生物占土壤微生物总量的比例不足1%(Ward *et al.*, 1990),但土壤中可培养的细菌可能是对土壤生态系统贡献最大的类群。它们比整个微生物群体更容易遭受土壤生态系统变化的影响,可作为与土壤污染有关的指示剂(Ellis *et al.*, 2003)。在连作过程中,细菌种群结构发生改变,均一性及丰富度均呈降低趋势,土壤生物学性质开始下降。单从根际土壤真菌的数量上看,茄子连作使根际真菌的数量增多,特别是结果期时真菌数量达到最大值。此时土壤生态系统已经开始失调,根际微生物平衡状态被破坏。这与王茹华等(2005)得出的连作使得茄子根际细菌和放线菌的比例降低,真菌的比例增加的结论一致。更加证明了“连作使细菌型土壤向真菌型土壤转化,是土壤地力衰竭的标志”的观点。

土壤酶主要来自微生物和植物根系分泌等途径,此外还有土壤动物和植物残体的释放(Parham *et al.*, 2003)。土壤酶作为土壤的重要组成部分,其活性的大小可较敏感地反映土壤中生化反应的方向和强度。过氧化氢酶和过氧化物酶具有分解土壤中对植物有害的过氧化氢物的作用,这两种酶的活性降低可使土壤中的过氧化氢物增加,造成土壤解毒能力减弱。多酚氧化酶是净化土壤有毒污染物的主要氧化还原酶类。蛋白酶参与土壤N素转化,为作物生长提供N源,活性增强时,促进土壤有机氮转化,

提高土壤氮素肥力。无论是在现蕾期、开花期还是在结果期,随着连作年限的增加,土壤中这些重要酶的活性在逐年降低,到连作5年时土壤酶的活性降至最低值,说明连作影响土壤酶的活性,使土壤养分转化降低,土壤中不断积累某些有毒的物质,导致根际微生态环境变劣,从而使茄子生长不良。许多实验证明,土壤微生物数量和土壤酶活性有着很大的联系。土壤微生物参与多种反应过程如矿化-同化、氧化-还原等,是植物养分转化、有机碳代谢及污染降解的驱动力,是土壤活性大小的标志,土壤微生物主要类群发生规律性变化,必然导致主要土壤酶活性的定向改变(何振立,1997)。经过相关性分析表明,土壤酶的活性与土壤中微生物的数量密切相关,其中过氧化氢酶、过氧化物酶、多酚氧化酶、蛋白酶是影响根际土壤中细菌和放线菌数量的主要因子,蛋白酶是影响根际土壤中真菌数量的主要因子。嫁接茄显著提高了根际土壤微生物的数量和土壤酶活性,这可能是由于嫁接换根促进了土壤微生物活动,使土壤微生物数量和多种土壤酶的活性处于较高水平,为茄子的生长发育提供了一个良好的土壤环境。

参考文献

- 高云超,朱文珊,陈文新. 1994. 秸秆覆盖免耕土壤微生物生物量与养分转化的研究. 中国农业科学, 27(6): 41-49.
- 高子勤,张淑香. 1998. 连作障碍与根际微生态研究. I. 根系分泌物及其生态效应. 应用生态学报, 9(5): 549-554.
- 关松荫. 1986. 土壤酶及其研究法. 北京:中国农业出版社.
- 何振立. 1997. 土壤微生物量及其在养分循环和环境质量评价中的意义. 土壤, (2): 61-70.
- 李 勇. 1989. 试论土壤酶活性与土壤肥力. 土壤通报, 20(4): 190-192.
- 李云鹏,周宝利,李之璞,等. 2007. 嫁接茄的黄萎病抗性与根际土壤生物学活性的关系. 生态学杂志, 26(6): 831-834.
- 马云华,王秀峰,魏 珉,等. 2005. 黄瓜连作土壤酚酸类物质积累对土壤微生物和酶活性的影响. 应用生态学报, 16(11): 2149-2153.
- 孙 波,赵其国,张桃林,等. 1997. 土壤质量与持续环境 III. 土壤质量评价的生物学指标. 土壤, 29(5): 225-234.
- 王茹华,周宝利,张启发,等. 2005. 嫁接对茄子根际微生物种群数量的影响. 园艺学报, 32(1): 124-126.
- 许光辉,郑洪元. 1986. 土壤微生物分析方法手册. 北京:农业出版社.

- 严昶升. 1988. 土壤肥力研究方法. 北京: 农业出版社.
- 尹玉玲, 周宝利, 李云鹏, 等. 2008. 嫁接对茄子根际土壤微生物种群的化感效应. 园艺学报, **35**(8): 1131 – 1136.
- 周宝利, 姜 荷. 2001. 茄子嫁接栽培效果和抗病增产机制的研究进展. 中国蔬菜, (4): 52–54.
- Ellis RJ, Morgan P, Weightman AJ, *et al.* 2003. Cultivation-dependent and independent approaches for determining bacterial diversity in heavy-metal-contaminated soil. *Applied and Environmental Microbiology*, **69**: 3223–3230.
- Kell JJ, Tate RL. 1998. Effects of heavy metal contamination and remediation on soil microbial communities in the vicinity of a zinc smelter. *Journal Environment Quality*, **27**: 609–617.
- Klemetsson L, Berg P, Clarholm M. 1987. Microbial nitrogen transformation in the root environment of barley. *Soil Biology & Biochemistry*, **19**: 551–558.
- Kozdroj J, van Elsas JD. 2000. Response of the bacterial community to root exudates in soil polluted with heavy metals assessed by molecular and cultural approaches. *Soil Biology & Biochemistry*, **32**: 1405–1417.
- Parham JA, Deng SP, Da HN, *et al.* 2003. Long-term cattle manure application in soil. II. Effect on soil microbial populations and community structure. *Biology and Fertility of Soils*, **38**: 209–215.
- Shiomi Y, Nishiyama M, Onizuka T. 1999. Comparison of bacterial community structures in the rhizoplane of tomato plants grown in soils suppressive and conducive towards bacterial wilt. *Applied and Environmental Microbiology*, **65**: 3996–4001.
- Singh JS, Raghubanshi AS, Srivastava SC. 1989. Microbial biomass acts as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna. *Nature*, **338**: 499–500.
- Ward DM, Weller R, Bateson MM. 1990. 16S rRNA sequences reveal numerous uncultured micro-organisms in a natural community. *Nature*, **345**: 63–65.
- Yin YL, Zhou BL, Li YP. 2009. Effects of grafting on rhizosphere microorganisms of eggplants. *Allelopathy Journal*, **23**: 149–156.

作者简介 周宝利,男,1956年生,教授,博士生导师。主要从事蔬菜栽培与生理生态研究。E-mail: zblaaa@163.com
责任编辑 李凤芹
