

加工番茄连作对农田土壤酶活性及微生物区系的影响

孙艳艳, 蒋桂英, 刘建国*, 张伟, 唐志敏

(石河子大学, 新疆石河子 832003)

摘要:通过盆栽试验,研究了连作及活性炭处理对加工番茄土壤微生物数量及土壤酶活性的影响。结果表明:加工番茄连作对其微生物区系及土壤酶活性产生一定影响。随连作年限的增加,过氧化氢酶活性呈上升趋势,而脲酶、多酚氧化酶、蔗糖酶、磷酸酶活性呈下降趋势,通过活性炭处理后,脲酶、土壤蔗糖酶、多酚氧化酶、磷酸酶活性比对照(未活性炭处理)增加,而过氧化氢酶活性降低。随连作年限的增加,连作 2a 和 3a 的细菌数量分别比 1a 降低 12.1% 和 16.8%,真菌数量连作 2a 和 3a 分别比种植 1a 时提高 20% 和 60%,放线菌数量连作 2a 和 3a 土壤中分别是种植 1a 的 1.04 倍和 1.12 倍,通过活性炭处理后,细菌的数量在连作 2a 和 3a 时分别比对照增加 5.8% 和 1.6%,放线菌和真菌数量比对照分别降低 13.0%、23.1% 和 8.3%、50%。反硫化细菌数量随连作年限延长而增加,硝酸细菌和好氧性自身固氮菌数量减少。可见通过活性炭处理可减轻自毒物质对加工番茄土壤酶和微生物的影响,从而缓解加工番茄连作障碍。

关键词:加工番茄;连作;活性炭;土壤酶活性;微生物特性

Effects of continuous cropping tomato for processing on soil enzyme activities and microbial flora

SUN Yanyan, JIANG Guiying, LIU Jianguo*, ZHANG Wei, THANG Zhimin

Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China

Abstract: Continuous cropping of tomato for processing in monoculture is commonly practiced, and there have been some problems with reduced germination and plant growth and declining production under continuous cropping sequences. Even soil microbial and physicochemical properties to be the main factor for the barrier, changes in its composition and community structure in a certain extent reflect the quality and integrity of the soil.

A pot experiment was conducted to explore effects of continuous mono-cropping and addition activated charcoal into soil on the microflora and enzyme activities of the soil grown tomato for processing. The tested soil in the experiment had been planted with continuous mono-cropping tomato for processing for 3 seasonal crops, and had a severe continuous obstacle. The experiments had 5 treatments with 6 replicates for each treatment, including CK (cropping 1 season soil, 1a), 2a (continuous mono-cropping 2 season soil), 3a (continuous mono-cropping 3 season soil), 2a + C (continuous mono-cropping 2 season soil with the addition of activated charcoal), 3a + C (continuous mono-cropping 3 season soil with the addition of activated charcoal). There tomato seedlings were transplanted to clay pots (40 cm diameter and 50 cm depth, 20 kg soil) at Apr 25, 2008. The results were as follows. Continuous mono-cropping affected the microbial and enzyme activities for the tomato for processing to some extent. With increasing corropping years, Catalase activity increased, and Urase, Saccharase, Polyhenol oxidase and Phosphatase activities decreased respectively. Activated charcoal could improve growth of processed tomato plants to greater extent, and, for example, plant height, stem thick, fresh weight and biomass of processed tomato plants grown in mixed with activated charcoal soil were significantly higher than those in without activated charcoal addition soil. In addition, after adding activated charcoal to soil, activities of Urase, Invertase, Phosphatase and Polyhenol oxidase were higher than control (without activated charcoal addition), but Catalase activity decreased. The

基金项目:国家“973”计划前期研究资助项目(2006CB708401)

收稿日期:2009-10-14; **修订日期:**2010-04-05

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: shzliujianguo@sina.com

number of bacteria in rhizosphere decreased with increasing year of cropping, the number of bacteria decreased 12.1% and 16.8% respectively at 2-year and 3-year, while the numbers of fungi and actinomycete increased, the numbers of fungi and actinomycetes were higher 20% and 60% and 1.04 and 1.12 times than control (1-year), respectively. With adding activated charcoal to soil, the number of bacteria increased 5.8% and 1.6% respectively at 2-year and 3-year, while the numbers of actinomycetes and fungi decreased 13.0% and 23.1% and 8.3% and 50%, respectively. The number of antisulphate increased, but the numbers of nitrifier bacteria and aerobic azotobacter declined respectively. The results suggested that autotoxic effect of tomato for processing on the microbial and enzyme activities were declined after adding activated charcoal to soil, continuous cropping obstacle was also alleviated progressively.

Key Words: tomato for processing; successive cropping; activated charcoal; soil enzyme activity; microbel flora

土壤是陆地生态系统中生物多样性最丰富的场所,微生物繁殖速度快、数量多,有利于土壤有机质的分解、无机质的转化以及提供植物营养、保持土壤肥力等重要作用。土壤酶是表征土壤中物质、能量代谢旺盛程度和土壤质量水平的一个重要生物指标^[1-2]。连作会改变微生物区系及土壤酶活性,影响作物的正常生长,作物的连作障碍与其自身产生的一些化感物质密切相关,有关化感物质对土壤微生物区系及土壤酶变化的研究,如根系分泌物数量和成分的变化与土壤微生物类群的关系、土壤酶活性与土壤微生物种类和数量等方面已有较多报道^[3-4],活性炭是一种非常优良的吸附剂,它具有物理吸附和化学吸附的双重特性,可吸附土壤中有有机物质,而对无机物质没有吸附性,利用其可吸附土壤中的一些化感物质^[5]。通过水培在营养液中添加活性炭可减少存在于水培溶液中根际附近根分泌的化感物质含量,提高酶的活性,减轻化感物质的毒害作用,促进植物的生长^[6-8],在棉花连作土壤中加入活性炭可促进棉花生长,提高棉花生理活性^[9]。

新疆是我国最大的加工番茄生产和加工基地,占全国生产能力的 90% 以上,连作障碍已成为加工番茄栽培中的普遍现象,自毒作用是导致作物产生连作障碍的主要因子之一^[10]。番茄化感作用明显,番茄内检测到的 3 种有机酸(邻苯二甲酸、苯甲酸和肉桂酸)均抑制了加工番茄不同品种种子的萌发,根、茎、叶腐解物中的化感物质对加工番茄幼苗的生长和生理指标均有抑制作用,植株水浸提液对幼苗的生长量和生理指标也构成影响^[11-12]。但目前对加工番茄连作障碍的本质缺乏全面、系统研究,本文通过研究长期连作对加工番茄土壤中生物活性的影响,为克服加工番茄生产中连作障碍问题提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验设计

试验地点在石河子大学农学院试验站,分别于 2005—2007 在同一加工番茄地块取 0—20cm 的种植 1a、连作 2a、连作 3a 的土壤,设置种植 1a、连作 2a、连作 3a、2a + 活性炭处理(土:活性炭 = 500:1)(2a + C)、3a + 活性炭(3a + C)共计 5 个处理,6 次重复,采用盆栽实验,瓦盆内径 40cm,高 50cm,每盆装土 20kg,按比例加入适量氮、磷肥做基肥。4 月底播种,出苗后定苗,每盆 3 株,栽培管理按照大田管理模式。于开花期测定不同处理苗高、茎粗及植株生物量等生物学指标。

1.2 土壤采集

各处理于苗期、开花期和结果期在加工番茄根区用直径 4cm 土钻取 0—20cm 土层样,装入无菌袋,立即带回实验室。将新鲜土样过 1 mm 筛,一部分储存于冰箱内(4℃),测定土壤微生物数量,另一部分土样经自然风干,测定土壤酶活性,每样品测定时重复 3 次。

1.3 测试方法

1.3.1 土壤酶活性测定

土壤酶活性测定按照关松荫方法^[13],其中,土壤脲酶活性的测定采用 NH_3 比色法,土壤蔗糖酶活性的测定采用 3,5-二硝基水杨酸比色法,过氧化氢酶活性的测定采用高锰酸钾滴定法,土壤多酚氧化酶活性测定采

用紫色没食子酸比色法,土壤磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法。

1.3.2 土壤微生物测定

土壤微生物测定按照许光辉^[14]方法,细菌、真菌、放线菌采用稀释平板法测定(细菌采用牛肉膏蛋白胨培养基培养3—5d,真菌采用马丁氏培养基培养5—7d,放线菌采用改良高氏一号培养基培养7—9d);硝酸细菌、好氧性自身固氮菌和反硫化细菌采用MPN法测定(硝酸细菌采用改良的斯蒂芬森培养基培养14d,好氧性自身固氮菌采用阿须贝培养基培养7d,反硫化细菌采用反硫化细菌培养基培养14d),各土样在处理前烘干测定含水率,结果以每克干土所含数量表示。

2 结果与分析

2.1 连作对加工番茄植株生长的影响

加工番茄连作,可抑制加工番茄植株的生长(表1)。随连作年限增加,株高、茎粗显著降低,连作2a和3a的加工番茄株高和茎粗分别比种植1a的降低21.1%、35.5%和4.7%、18.8%,活性炭处理后连作2a和3a株高比没有经过活性炭处理分别增加12.03%和23.25%,差异达显著;随连作年限的延长,植株生物量呈降低趋势,变化幅度较大,连作2a和3a的加工番茄生物量分别比种植1a的降低11.68%和16.29%。活性炭处理后的植株的生物量明显高于未活性炭处理,连作2a和3a经活性炭处理后生物量比未经过活性炭处理增加22.26%和13.82%。

表 1 连作对加工番茄生长发育的影响
Table 1 Effect of continuous cropping to the growth of processed tomato

处理 Treatment	株高 /cmPlant height	茎粗 /cmStem thick	地上部鲜重/g Above-ground FW	地下部鲜重/g Below-ground FW	生物量 /(g·m ⁻²) Biomass
1a	34.39a	2.88a	24.51b	3.39b	43.39b
2a	28.41c	2.75b	21.82c	3.14c	38.32d
3a	25.38d	2.34d	13.30e	3.48a	36.32e
2a + C	31.83b	2.77b	28.13a	3.04d	46.85a
3a + C	31.28b	2.63c	14.09d	2.65e	41.34c

不同字母间表示差异显著($P < 0.05$)

连作对植株的生长和生物产量的影响,说明加工番茄植株长期连作产生的一些自毒物质影响了植株和根系的生长,而添加活性炭能够有效地吸附土壤中的一些自毒物质,从而缓解了化感物质对植株生长发育的影响。

2.2 加工番茄连作对土壤酶活性的影响

土壤酶反应了土壤中养分的转化能力及土壤生物活性的大小,参与土壤中各种代谢过程和能量转化,可以表征土壤生物活性的高低,作为土壤质量改变的预测指标和土壤肥力高低的评价指标^[13]。

2.2.1 加工番茄连作对土壤蔗糖酶活性的影响

蔗糖酶活性的强弱反应了土壤熟化程度和肥力水平,对增加土壤中易溶性营养物质起重要作用。由图1可以看出,加工番茄连作对蔗糖酶活性的影响较明显,随连作年限的增加,蔗糖酶活性呈降低趋势,连作2a和3a的蔗糖酶活性比连作1a时分别降低28.8%和43.7%,说明连作降低了土壤的熟化程度和肥力水平。活性炭处理后,连作2a的蔗糖酶活性与对照相比变化不大,而连作3a的蔗糖酶活性比对照增加14.8%。

2.2.2 加工番茄连作对土壤脲酶活性的影响

脲酶广泛存在于土壤中,直接参与土壤中含氮有机化合物的转化,在一定程度上反应了土壤供氮水平状况,但土壤中脲酶活性过高,容易引起氨的挥发损失^[15]。研究表明,随加工番茄连作年限的延长脲酶活性呈降低趋势(图2),在连作2a和3a时脲酶活性分别比种植1a时降低4.4%和25.2%。活性炭处理后,连作2a和3a的脲酶活性分别比对照增加11.9%和16.0%,差异均达到显著水平。

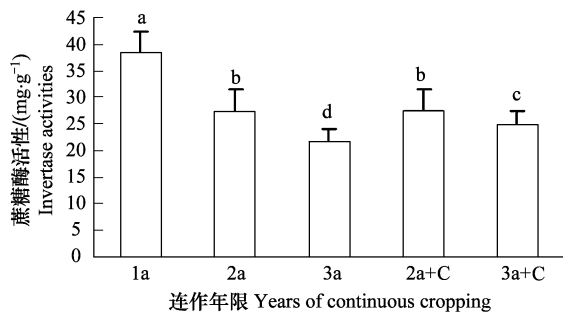


图1 加工番茄连作土壤中蔗糖酶活性变化

Fig. 1 The invertase activities of successive cropping soil of processed tomato

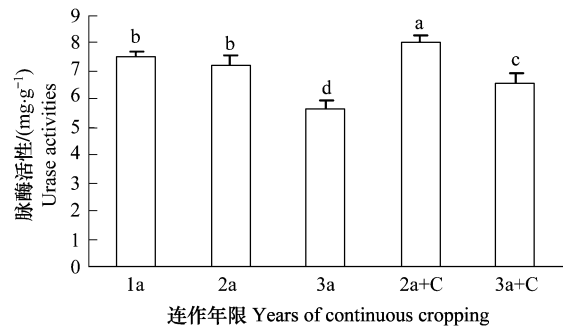


图2 加工番茄连作土壤中脲酶活性变化

Fig. 2 The urase activities of successive cropping soil of processed tomato

2.2.3 加工番茄连作对土壤过氧化氢酶活性的影响

过氧化氢酶能够分解对生物体有毒害作用的过氧化物,从而避免了过氧化物在土壤中的积累和对植物机体造成伤害,同时,作为分解产物的氧能促进各种化合物的氧化分解,为生物生长发育提供必要的营养物质^[13]。

随连作年限的增加,过氧化氢酶活性呈上升趋势(图3),连作1a、2a和3a的过氧化氢酶活性分别为0.97、1.20g·mL⁻¹和1.37g·mL⁻¹。活性炭处理后,过氧化氢酶活性有所下降,连作2a和连作3a的过氧化氢酶活性分别比对照降低5.6%和2.5%。

2.2.4 加工番茄连作对土壤多酚氧化酶活性的影响

多酚氧化酶活性是植物体内重要的保护酶,随着活性氧的增加,植物体内受活性氧的胁迫而产生保护性反应,可减轻和消除活性氧对膜系统的损伤。从图4可以看出,随连作年限的增加,多酚氧化酶活性呈下降趋势,连作2a和3a的多酚氧化酶活性分别比种植1a降低21.9%和23.8%。活性炭处理后,连作2a的磷酸酶活性变化较小,仅比对照提高0.8%,而连作3a的多酚氧化酶活性比对照提高31.8%。

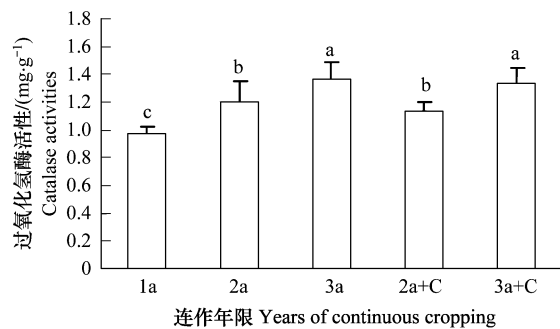


图3 加工番茄连作土壤中过氧化氢酶活性变化

Fig. 3 The catalase activities of successive cropping soil of processed tomato

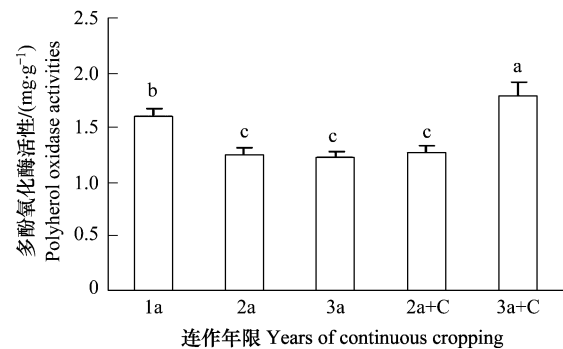


图4 加工番茄连作土壤多酚氧化酶中活性变化

Fig. 4 The polyphenol oxidase activities of successive cropping soil of processed tomato

2.2.5 加工番茄连作对土壤磷酸酶活性的影响

磷酸酶是催化含磷有机质和酞水解的一类酶的总称,在土壤有效磷的积累上具有重要作用,是评价土壤磷素生物转化方向和强度的指标。研究表明(图5),连作年限对磷酸酶活性的影响总趋势是随连作年限的延长磷酸酶活性降低,连作2a和3a的磷酸酶活性分别比种植1a时降低16.3%和33.1%。活性炭处理后,连作2a和连作3a的磷酸酶活性比对照提高8.4%和10.9%。

2.3 加工番茄连作对土壤微生物区系的影响

土壤是一个具有生物多样性的复杂体系,土壤生态系统的功能主要由土壤微生物机制所控制,土壤微生物不仅参与土壤有机质的分解过程和矿化作用,促进养分的循环和生物有效性,而且其代谢物也是植物的营养成分,因此土壤微生物不仅是土壤有机物质转化的执行者,又是植物营养元素的活性库^[16]。

2.3.1 加工番茄连作对细菌数量的影响

细菌是土壤微生物中数量最多的一个微生物类群,占土壤微生物总数的 70%—90%,参与有机质的分解,氨化作用等,由表 2 可见,随连作年限的延长细菌数量下降,连作 2a 和 3a 的细菌数量分别比种植 1a 时降低 12.1% 和 16.8%,细菌在微生物总量中所占比重也随之减小,连作 2a 和 3a 的细菌数量所占比重比连作 1a 时分别降低 0.4% 和 0.7%;活性碳处理后,细菌的数量有所增加,连作 2a 和 3a 的细菌数量分别比对照提高了 5.8% 和 1.6%。

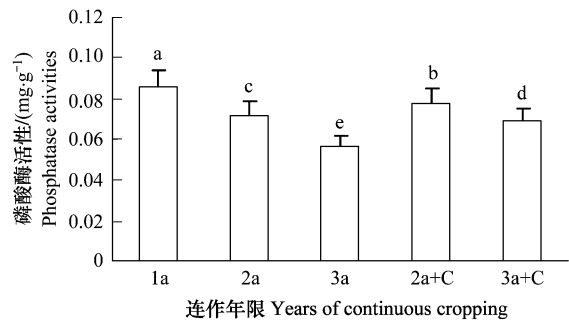


图 5 不同连作年限土壤中磷酸酶活性变化

Fig. 5 The phosphatase activities of successive cropping soil of processed tomato

表 2 加工番茄连作对土壤微生物种群结构及多样性影响

Table 2 Microbial population and diversity in continuous cropping soil of processed tomato

连作年限 Years of continuous cropping	多样性指数 Diversity index	微生物数量 Microbial number/(× 10 ⁵ CFU · g ⁻¹ · FW)			
		细菌 Bacteria	真菌 Fungi	放线菌 Actinoyce	总量 Total
1a	0.0975e	686a	0.20b	13.9b	700.10a
2a	0.1194c	603c	0.24ab	14.5ab	617.74c
3a	0.1253b	571e	0.32a	15.4a	586.72e
2a + C	0.1082d	638b	0.22b	14.2b	652.42b
3a + C	0.1372a	581d	0.16b	15.2a	596.36d

不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

2.3.2 加工番茄连作对真菌数量的影响

真菌参与土壤中有有机质的分解、腐殖质的形成、土壤中的氨化作用以及团聚体的形成,在土壤碳素和能源循环过程中起着巨大作用^[14],但真菌是许多作物病害的病原菌,与作物土传病害的发生直接相关。由表 2 中可见,连作后土壤中真菌数量有所增加,连作 2a 和 3a 真菌数量分别比种植 1a 时提高 20.0% 和 60.0%,在微生物总量中所占比重也随之增加,连作 2a 和 3a 的真菌所占比重分别为连作 1a 时的 1.3 倍和 1.7 倍。活性碳处理后,连作 2a 和连作 3a 的真菌数量分别比对照降低 8.3% 和 50.0%,并且在微生物总量中所占比重也分别比对照降低 25.0% 和 40.0%。

2.3.3 加工番茄连作对放线菌数量的影响

放线菌与土壤腐殖质含量有关,它能同化无机氮,分解碳水化合物及脂类、单宁等难分解的物质,在土壤中对物质转化也起一定作用^[14],另外,多种放线菌还能产生抗生物质,因此,放线菌与土壤肥力以及有机质转化和植物病害防治有着密切关系。随连作年限的延长放线菌数量呈上升趋势(表 2),连作 2a 和 3a 土壤中放线菌数量分别是种植 1a 的 1.04 倍和 1.12 倍。同时放线菌在土壤微生物总量中所占比重也随着连作年限的增加呈增长趋势,连作 2a 和 3a 的放线菌数量在微生物总量中所占比重分别比连作 1a 时提高 21.1% 和 36.8%。活性碳处理后有所降低,连作 2a 和 3a 的放线菌数量分别比对照降低 13.0% 和 23.1%。

2.3.4 加工番茄连作对土壤微生物总量与多样性指数的影响

土壤微生物总量受连作年限的影响(表 2),连作 2a 和 3a 土壤微生物总量下降,分别比连作 1a 时降低

11.8% 和 16.2%。活性碳处理后的土壤微生物总量有所增加,连作 2a 和 3a 的微生物总量分别比对照增加 5.6% 和 1.6%。生态系统中,物种多样性指数的高低实质上反映了种群结构的复杂程度,一般来讲多样性指数较高时,系统的结构也较复杂,稳定性相对较高^[17]。随加工番茄连作年限增加,土壤群落的生物多样性指数明显增加,连作 2a、3a 土壤生物多样性指数分别比种植 1a 时增加 22.5%、28.5%。活性炭处理后,连作 2a 比对照降低 9.4%,连作 3a 比对照提高 9.5%。多样性指数的变化是由于细菌在微生物群体中所占的比例随着连作年限增加而下降,而真菌和放线菌所占比例增加所导致。

2.3.5 加工番茄连作对土壤亚硝化细菌数量的影响

土壤中硝酸盐类的积累,是由两类细菌经过两个阶段完成的。第一阶段是由亚硝酸细菌氧化为亚硝酸,第二阶段是由亚硝酸细菌氧化为硝酸。硝化作用的第一阶段和第二阶段是连续进行的,土壤中很少发现亚硝酸盐的积累,因此测定参与第一阶段的亚硝酸细菌的数量即能说明硝化细菌数量的多少。土壤中硝化细菌的存在与活动,对土壤肥力以及植物营养有着重要的意义。连作年限对亚硝酸细菌数量的影响总趋势是随连作年限的延长亚硝酸细菌数量降低(图 6),变化幅度较大,连作 2a 和 3a 的亚硝酸细菌数量分别比种植 1a 时降低 33.3% 和 44.4%。活性炭处理后,连作 2a 的亚硝酸细菌的数量没有多大变化,连作 3a 的亚硝酸细菌的数量比对照提高 2.0%。

2.3.6 加工番茄连作对土壤好氧性自身固氮菌数量的影响

大气中的氮素占空气的 70%,但植物不能直接利用,好氧性自身固氮菌具有固定大气中氮素的能力,使气态氮素转变成成为植物可利用的形态。由图 7 可以看出,连作年限对好氧性自身固氮菌数量的影响总趋势是随连作年限的延长好氧性自身固氮菌数量降低,变化幅度较大,连作 2a 和 3a 好氧性自身固氮菌数量分别比连作 1a 时降低 50.0% 和 58.3%。活性炭处理后,好氧性自身固氮菌数量比起对照来有所提高,连作 2a 和 3a 的好氧性自身固氮菌数量分别比对照提高 16.7% 和 20.0%。

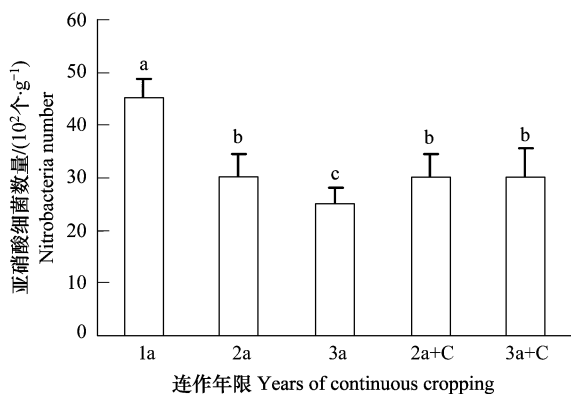


图 6 不同连作年限土壤中亚硝化细菌数量变化

Fig. 6 The nitrobacteria number of soil under different years of continuous cropping

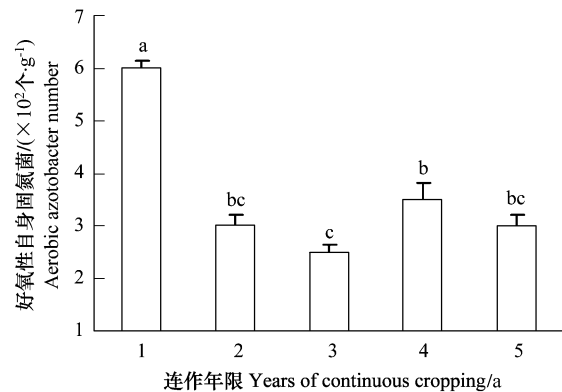


图 7 不同连作年限土壤中好氧性自身固氮菌数量变化

Fig. 7 The aerobic azotobacter number of soil under different years of continuous cropping

2.3.7 加工番茄连作对土壤反硫化细菌数量的影响

在厌氧条件下,有些兼性腐生细菌能还原硫酸为硫化氢,这个过程称为反硫化作用。硫化氢在土壤中积累过多,危害植物生长。由图 8 可以看出,加工番茄连作后土壤中反硫化细菌数量为 3a > 1a > 2a,呈现先降后升的趋势。活性炭处理后,连作 2a 的反硫化细菌数量变化较小,连作 3a 反硫化细菌数量比对照降低 36.4%,由此可见,加工番茄自毒物质对反硫化细菌的影响主要表现在连作 3a,自毒物质积累较多。

3 结论与讨论

3.1 长期连作对土壤微生物区系的影响

土壤微生物的数量、活性和群落结构及其变化,直接影响到植物吸收水分、养分,也影响植物对恶劣环境

的抵抗能力^[15]。研究表明,加工番茄连作后土壤细菌数量减少,真菌和放线菌数量增多,说明连作后根际土壤由细菌型向真菌型转化,与李春格和李琼芳等人的研究结果一致^[18-19]。同时,加工番茄连作后微生物总量有所降低,多样性指数显著增加,一般认为多样性指数较高时,系统的结构也较复杂,稳定性相对较高。刘国顺^[20]等人认为某些土壤虽然养分较为丰富,但它仅适合于某一类或几类微生物的生长,而不适宜其它类微生物的生存,结果土壤中微生物总数可能很高,但其微生物多样性指数不一定高。反硫化细菌数量随连作年限延长而增加,硝酸细菌和好氧性自身固氮菌数量呈递减趋势,与随连作年限的增加各有益微生物锐减相一致^[19],不同作物根际微生物类群的变化规律各不相同。设施栽培中随连作年限增加,土壤中氨化细菌和硝化细菌增加,这有利于土壤中铵态氮通过硝化作用转化为硝态氮,避免铵氮积累引起作物铵中毒^[21],土壤中好氧性自身固氮菌的减少会增加氮素的损失,也会对加工番茄生长造成不利影响,因此一些有益微生物类群的减少和不利微生物的增加使加工番茄正常的生命活动受到影响。

此外加工番茄连作根际微生物数量的变化与其自毒作用有关。Yu 和 Mastiu^[22]从番茄根系分泌物中鉴定出对轻基苯甲酸等多种生物活性物质, Jing^[23]等指出番茄的自毒物质主要来自根分泌物的有机酸和酚类物质,周志红^[24]进一步证实了番茄根分泌物有明显的自毒作用,而且证明番茄地上部同样存在自毒作用。本试验结果表明,活性碳处理土壤后,由于活性炭对化感物质的吸附,降低了自毒效应,微生物数量相应有所变化,连作 3a 细菌数量比对照增加,放线菌、真菌比对照降低;活性炭对一些功能菌的影响表现为硝酸细菌和好氧性自身固氮菌增加,反硫化细菌数量降低。可见连作产生的化感物质对微生物有一定的抑制性,不利于土壤中养分的转化。

3.2 长期连作对土壤酶活性的影响

土壤酶是表征土壤中物质、能量代谢旺盛程度和土壤质量水平的一个重要生物指标。在本试验中,随连作年限的增加,脲酶、蔗糖酶、磷酸酶和多酚氧化酶活性降低,过氧化氢酶活性增加。但是吴凤芝等^[25]的研究结果表明,连作 18a 保护地黄瓜根际土壤的过氧化氢酶和脲酶的活性均比连作 3a 时略有升高,土壤转化酶活性降低。而张淑香^[26]的研究结果表明,大豆连作条件下土壤多酚氧化酶活性高于正茬土壤,蔗糖酶和淀粉酶的活性降低。路磊等人研究也表明^[27],随着连作年限延长,菜地土壤的脲酶和转化酶活性下降。马云华^[28]等研究了黄瓜连作土壤中酚酸类物质对土壤微生物和土壤酶活性的影响,这些化感物质不仅改变了微生物群落的数量,而且土壤酶活性也呈先升后降的趋势。

通过向土壤中加入一定比例活性碳后,连作 2a 和 3a 的脲酶、蔗糖酶、多酚氧化酶、磷酸酶活性比起对照来都有所提高,这与喻景权通过向豌豆营养液中添加活性炭处理的结果是一致的^[29],同时加工番茄连作后植株生长受影响,生物量下降。本试验结果说明,加工番茄连作对土壤生物活性产生影响,连作产生的自毒作用是导致加工番茄连作障碍的主要原因之一,深入研究加工番茄连作中化感物质成份、产生、释放途径、在土壤中转转化、积累规律及其作用机制寻求制订减轻或消除连作障碍的调控措施是今后研究的主题。

References:

- [1] He W X, Lai H X, Wu Y J, Zhu M G. Study on soil enzyme activities effected by fertilizing cultivation. Journal of Zhejiang University, 2001, 27 (3): 265-268.
- [2] Jia Z H, Sun M, Yang Z P, Miao G Y. Influence of different fertilizerto crop rhizosphere microorganism. Acta Agronomica Sinica, 2004, 30(5):

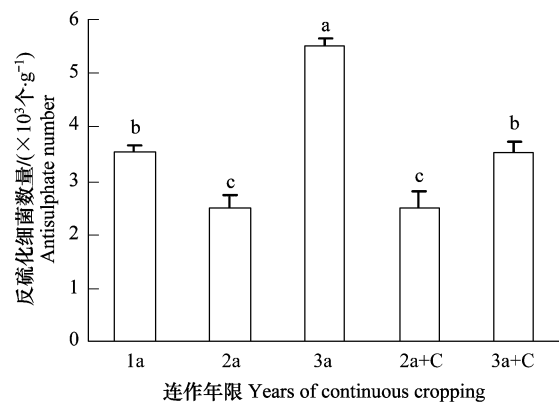


图 8 不同连作年限土壤中反硫化细菌数量变化

Fig. 8 The antisulphate number of soil under different years of continuous cropping

491-495.

- [3] Andreoni V, Cavalca L, Rao M A, Nocerino G, Bemasoni S, Dell'Amico E, Colombo M, Gianfreda L. Bacterial communities and enzyme activities of PAHs polluted soils. *Chemosphere*, 2004, 57(5): 401-412.
- [4] Verónica A M, Maysoon M, Mikha F. Microbial communities and enzyme activities in soils under alternative crop rotations compared to wheat-fallow for the Central Great Plains. *Applied Soil Ecology*, 2007, 37: 41-52.
- [5] Sampietro D A, Vattuone M A. Sugarcane straw and its phytochemicals as growth regulators of weed and crop plants. *Plant Growth Regulation*, 2006, 48: 21-27.
- [6] Asao T, Hasegawa K, Sueda Y, Tomita K, Taniguchi K, Hosoki T, Pramanik M H R, Matsui Y. Autotoxicity of root exudates from taro. *Scientia Horticulturae*, 2003, 97: 389-396.
- [7] Yu J O, Su F Y, Ming F Z. Effects of root exudates and aqueous root extracts of cucumber and allelochemicals on photosynthesis and antioxidant in cucumber. *Biochemical Systematics and Ecology*, 2003, 31(2): 129-139.
- [8] Yu J Q. Effects of root exudates of cucumber and allelochemicals on the ion uptake by cucumber seedling. *Journal of Chemical Ecology*, 1997, 23(3): 817-827.
- [9] Liu J G, Li Y B, Jiang G Y, Bian X M, Li F, Geng W. Allelopathic effects of cotton in continuous cropping. *Allelopathy Journal*, 2008, 21(2): 299-306.
- [10] Hao Z P, Wang Q, Christie P. Autotoxicity potential of soils cropped continuously with watermelon. *Allelopathy Journal*, 2006, 18: 111-120.
- [11] Li Z H, Qin Y, Peng S J, Yang W Y. Allelopathy of decomposing processing tomato plant residue on processing tomato growth. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008, 24(6): 306-309.
- [12] Qin Y, Yao J, Cao T Y. Effect of water extracts of internal of processing tomato on physiology characteristic of oneself seedling. *Plant Physiological Science*, 2007, 23(6): 336-340.
- [13] Guan S Y. *Soil Enzyme and Research Methods*. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1986.
- [14] Xu G H, Zheng H Y. *Analytical Handbook of Soil Microbes*. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1986.
- [15] Kong W D, Zhu Y G, Fu B J, Chen B D, Tong Y P. A review on microbial gene and community diversity in agricultural soil. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(12): 2894-2900.
- [16] Schippers B, Bakker A W, Bakker P A H. Interaction of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices. *Annual Review of Phytopathology*, 1987, 25(3): 339-358.
- [17] Fragoire S, Magan N, Bossio D A, Verchot L, Bullimore J, Borelli T, Albrecht A, Scow K W, Ball A S, Pretty J N, Osborn A M. Soil microbial community response to land use change in an agricultural landscape of western Kenya. *Microbial Ecology*, 2005, 49(1): 50-62.
- [18] Li C G, Li X M, Wang J G. Effect of soybean continuous cropping on bulk and rhizosphere soil microbial community function. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(4): 114-1150.
- [19] Li Q F. Dynamics of the microbial flora in the *Liriope* rhizosphere and out rhizosphere during continuous cropping years. *Chinese Journal of Soil Science*, 2006, 37(3): 563-565.
- [20] Liu G S, Yang C, Zu C L, Qiu L Y, Feng Y. Study on edaphon dynamics in four types of soil. *Acta Tabacaria Sinica*, 2007, 13(5): 38-43.
- [21] Yin Y X, Liu H Y. Study of soil nitrification and denitrification on plastic greenhouse. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 16(3): 246-250.
- [22] Yu J Q, Matsui Y. Phytotoxic substances in the root exudates of *Cucumis Sativus* L. *Journal of Chemical Ecology*, 1994, (20): 21-31.
- [23] Jing K, Wang S L, Yoshihisa M. Effect of the addition of activated charcoal to the nutrient solution on the growth of tomato in hydroponics culture. *Soil Science and Plant Nutrition*, 1993, 39(1): 13-22.
- [24] Zhou Z H, Luo S, Mou Z P. Allelopathic effects of processing tomato in continuous cropping. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1997, 8(4): 445-449.
- [25] Wu F Z, Zhao F Y, Gu S Y. Effect of the continuous cultivating cucumber on the bio-chemical properties of soil in the plastic greenhouse. *System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture*, 2002, 18(1): 20-22.
- [26] Zhang S X, Gao Z Q, Liu H L. Continuous cropping obstacle and rhizospheric microecology III. Soil phenolic acids and their biological effect. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000(5): 741-744.
- [27] Lu L, Li Z P, Chen Y P. Soil organic carbon mineralization and enzyme activity in soils different in duration of vegetable plantation. *Soil*, 2006, 38(4): 429-434.
- [28] Ma Y H, Wei M, Wang X F. Variation of microflora and enzyme activity in continuous cropping cucumber soil in solar greenhouse. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(6): 1005-1008.
- [29] Yu J Q, Matsui Yoshihisa. Autointoxication of root exudates in *pisum sativus*. *Acta Horticulturae Sinica*, 1999, 26(3): 175-179.

参考文献:

- [1] 和文祥, 来航线, 武永军, 朱铭莪. 培肥对土壤酶活性影响的研究. 浙江大学学报, 2001, 27(3): 265-268.
- [2] 贾志红, 孙敏, 杨珍平, 苗果园. 施肥对作物根际微生物的影响. 作物学报, 2004, 30(5): 491-495.
- [11] 李志宏, 秦勇, 彭思健, 杨文英. 加工番茄植株残体腐解物化感作用的研究. 园艺园林科学, 2008, 24(6): 306-309.
- [12] 秦勇, 姚军, 曹天宇. 加工用番茄植株浸提液对其幼苗生理特性的影响. 植物生理科学, 2007, 23(6): 336-340.
- [13] 关松荫编著. 土壤酶及其研究法. 北京: 中国农业出版社, 1986.
- [14] 许光辉, 郑洪元主编. 土壤微生物分析方法手册. 北京: 中国农业出版社, 1986.
- [15] 孔维栋, 朱永官, 傅伯杰, 童依平. 农业土壤微生物基因与群落多样性研究进展. 生态学报, 2004, 24(12): 2894-2900.
- [18] 李春格, 李晓鸣, 王敬国. 大豆连作对土体和根际微生物群落功能的影响. 生态学报, 2006, 26(4): 1144-1150.
- [19] 李琼芳. 不同连作年限麦冬根际微生物区系动态研究. 土壤通报, 2006, 37(3): 563-565.
- [20] 刘国顺, 杨超, 祖朝龙, 冯云. 不同类型植烟土壤微生物动态变化分析. 中国烟草学报, 2007, 13(5): 38-43.
- [21] 殷永娟, 刘鸿雁. 设施栽培下土壤硝化、反硝化作用的研究. 生态学报, 1996, 16(3): 246-250.
- [24] 周志红, 骆世明, 牟子平. 番茄的化感作用研究. 应用生态学报, 1997, 8(4): 445-449.
- [25] 吴凤芝, 赵凤艳, 谷思玉. 保护地黄瓜连作对土壤生物化学性质的影响. 农业系统科学与综合研究, 2002, 18(1): 20-22.
- [26] 张淑香, 高子勤, 刘海玲. 连作障碍与根际微生态研究 III. 土壤酚酸物质及其生物学效应. 应用生态学报, 2000, (5): 741-744.
- [27] 路磊, 李忠佩, 车玉萍. 不同利用年限菜地土壤有机碳矿化动态和酶活性变化. 土壤, 2006, 38(4): 429-434.
- [28] 马云华, 魏珉, 王秀锋. 日光温室连作黄瓜根区微生物区系及酶活性的变化. 应用生态学报, 2004, 15(6): 1005-1008.
- [29] 喻景权, 松井佳久. 豌豆根系分泌物自毒作用的研究. 园艺学报, 1999, 26(3): 175-179.