

# 轮作模式对设施土壤微生物区系和酶活性的影响

董艳<sup>1a</sup>, 鲁耀<sup>2</sup>, 董坤<sup>1b</sup>, 汤利<sup>1a\*</sup>

(1.云南农业大学 a.资源与环境学院, b.食品科技学院, 云南昆明 650201; 2.云南农业科学研究院 农业环境与资源研究所, 云南昆明 650201)

**摘要:**对昆明郊区蔬菜、花卉主产区典型大棚土壤进行取样和设施土壤微生物区系和土壤酶活性分析, 研究结果表明, 与连作相比, 花-花轮作最有利于增加土壤细菌、放线菌数量, 降低真菌数量, 提高土壤酶活性, 花-菜轮作次之, 菜-菜轮作模式效果最差。轮作能有效调节土壤微生物区系, 有利于微生物群落的多样性和稳定性的提高, 最终改善了土壤的微生态环境。

**关键词:**设施土壤; 轮作; 土壤微生物区系; 土壤酶活性

**中图分类号:** S154.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0564-3945(2010)01-0053-03

我国是设施园艺面积最大的国家, 但由于长期以来人们过度追求产量和设施的利用率导致连作现象普遍, 而且多年来大量农药和化肥的使用, 使土壤环境恶化, 作物产量下降, 品质变劣, 连作障碍严重, 不仅严重影响了设施农业的可持续发展和食品安全, 而且威胁着消费者的健康<sup>[1]</sup>。近年来, 关于设施连作障碍减产的研究已经开展了很多, 如土壤养分变化<sup>[2]</sup>、土壤盐分累积<sup>[3]</sup>、土壤 pH 下降等<sup>[4]</sup>。随着研究的不断深入, 已有学者指出, 土壤生物学特性的变化是连作障碍的主要原因之一<sup>[5]</sup>。许多研究表明, 土壤酶活性和土壤微生物区系和群落结构等作为土壤生物学指标, 能较早地预测土壤质量的变化, 也是土壤健康的决定性因素<sup>[6,7]</sup>。近年来, 利用生物指标指示土壤质量或土壤健康已成为近年来国内外的研究热点<sup>[8]</sup>。目前在生产中已经发现, 作物轮作能减轻连作障碍, 有利于作物生长和提高产量<sup>[9]</sup>。吴凤芝等<sup>[10]</sup>研究认为设施栽培制度对土壤微生物和酶活性具有重要影响。因此本研究通过分析连作和不同轮作模式对设施土壤微生物区系的影响和酶活性变化特征, 旨在通过制定合理的栽培制度创造良好的设施土壤生态环境, 为促进设施农业的可持续发展提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点和取样方法

供试土壤采自云南昆明郊区设施栽培发展迅速, 种植规模大, 种植时间相对较长的出口花卉和主要蔬菜生产基地呈贡县, 选择连作 4 年的大棚和菜-菜、

菜-花和花-花轮作 10 年的大棚各 6 个, 每个大棚按 S 型进行 5 点取样混合法混合成一个土样, 取样深度为 20 cm, 混匀, 过筛, 4 ℃ 保存, 用于土壤微生物分析和土壤酶活性测定。

### 1.2 样品测定方法

土壤微生物数量的测定: 采用稀释平板法, 细菌用牛肉膏蛋白胨培养基, 真菌用马丁氏培养基, 放线菌用高氏一号培养基<sup>[9]</sup>;

微生物多样性指数<sup>[10]</sup>:

Shannon-Wiener 指数(H) =  $-\sum (ni/N) \ln(ni/N)$

Simpson 指数(D) =  $1 - \sum (ni/N) \ln(ni/N)$

式中, ni 为第 i 个物种的个体数; N 为群落中所有物种的个体数。

Shannon 均匀度指数 E =  $H/\ln S$  (S 为群落中的总物种数)

土壤酶活性的测定: 脲酶采用靛酚蓝比色法, 蔗糖酶采用 3,5-二硝基水杨酸比色法, 过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定法<sup>[11]</sup>。

采用 SPSS 11.5 单因素程序对试验数据进行方差分析和多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 轮作模式对土壤微生物区系的影响

从表 1 可以看出, 与连作相比, 土壤细菌、放线菌和微生物总数及 B/F 比值在三种轮作种植模式下都有显著的增加, 高低顺序依次为花-花轮作 > 菜-花轮作 > 菜-菜轮作 > 连作土壤, 而土壤真菌数量在三种

收稿日期: 2008-06-04

基金项目: 云南省教育厅资助项目(A003026)和 973 计划前期研究专项资助项目(2008CB117011)资助

作者简介: 董艳(1975-), 女, 博士, 讲师, 主要从事土壤微生物生态、植物营养与病害控制方面的教学和科研工作。

E-mail: dongyanx@yahoo.com.cn

\* 通讯作者

表 1 不同轮作模式土壤微生物区系和多样性的变化

Table 1 Change of soil microbe populations and diversity in greenhouse soil under different rotation patterns

种植类型 Rotation pattern ( $\times 10^6$ CFU $g^{-1}$ )	细菌 ( $\times 10^6$ CFU $g^{-1}$ )	真菌 ( $\times 10^5$ CFU $g^{-1}$ )	放线菌 ( $\times 10^5$ CFU $g^{-1}$ )	微生物总数 ( $\times 10^6$ CFU $g^{-1}$ )	B/F 比值( $\times 10^2$ )	Shannon-Wiener 指数	Shannon 均匀度指数	Simpson 指数
连作	47.85b	33.63a	36.42c	51.83b	1.98b	0.303a	0.276a	0.151a
菜-菜轮作	70.05ab	23.84b	54.27b	75.69ab	3.83a	0.314a	0.286a	0.164a
菜-花轮作	82.30a	20.70b	67.73a	89.28a	4.97a	0.322a	0.293a	0.172a
花-花轮作	92.52a	20.50b	80.14a	100.74 a	5.55a	0.324a	0.295a	0.175a

注: 同列不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ), 下同。Different letters in the same column indicated significant difference at 0.05 level, the same below.

采样地块的作物连作和轮作类型如下: 连作种植作物为西芹; 菜/菜轮作种植作物为西芹-生菜-生菜, 菜/花轮作种植作物为西芹-银边翠, 花/花轮作种植作物为鞭尾菊-香雪兰。

轮作模式下显著低于连作土壤, 高低顺序依次为连作土壤 > 菜-菜轮作 > 菜-花轮作 > 花-花轮作。而三种轮作模式之间相比较, 土壤放线菌数量以花-花轮作和菜-花轮作显著高于菜-菜轮作, 其它均无显著差异。

设施轮作土壤和连作土壤相比, 轮作土壤的 Shannon 均匀度指数、Shannon-Weaver 指数和 Simpson 指数比连作土壤的微生物群落均匀度高, 高低顺序依次为花-花轮作 > 菜-花轮作 > 菜-菜轮作 > 连作土壤, 但差异均达不到显著水平。

表 2 不同轮作模式土壤酶活性的变化

Table 2 Change of soil enzyme activities in greenhouse soil under different rotation patterns

种植类型 Rotation pattern	过氧化氢酶 Catalase ( $ml\ g^{-1}\ h^{-1}$ )	脲酶 Urase ( $NH_3-N, mg\ kg^{-1}\ h^{-1}$ )	蔗糖酶 Sucrase ( $mg\ g^{-1}\ h^{-1}$ )
连作	4.60b	4.41b	10.80c
菜-菜轮作	5.96a	5.57ab	15.26b
菜-花轮作	6.36a	6.34a	17.51ab
花-花轮作	6.81a	6.73a	19.13a

## 2.2 轮作模式对土壤酶活性的影响

从表 2 可以看出, 轮作土壤中过氧化氢酶、蔗糖酶和脲酶活性分别比连作土壤平均增加 38.57%、60.22% 和 40.82%, 其中三种轮作模式下过氧化氢酶和蔗糖酶活性都显著高于连作土壤, 菜-花轮作和花-花轮作模式下土壤脲酶活性显著高于连作土壤, 菜-菜轮作模式与连作无显著差异。在三种轮作模式中, 又以花-花轮作模式下酶活性最高, 菜-菜轮作模式下土壤酶活性最低, 这可能与不同轮作模式下养分投入水平有一定的关系。

## 3 讨论和结论

### 3.1 种植模式对土壤微生物区系和多样性的影响

与连作相比, 轮作更有利于作物根系生长和对土壤的养分吸收, 从而促进微生物的生长和繁殖, 有报道人参参与紫穗槐轮作, 土壤真菌、放线菌及细菌均有变化, 而细菌种群类型变化最明显<sup>[2]</sup>。本研究结果

表明轮作种植显著增加了细菌、放线菌数量、微生物总数和 B/F 比值, 而显著降低了土壤真菌数量, 与邹莉等<sup>[3]</sup>认为的大豆连作显著降低了土壤中细菌数量, 提高了真菌数量的结论相同; 与李刚等<sup>[13]</sup>的黄瓜与番茄交替种植比黄瓜单一种植更有利于细菌、真菌和放线菌积累的结论有所差异。土壤微生物区系对土壤质量有很大的影响, 一般认为细菌型土壤是土壤肥力提高的一个生物学标志, 真菌型土壤是地力衰竭的标志, 真菌数量增加, 意味着病虫害加重, 因为真菌容易引起一些土传病害<sup>[14]</sup>。从轮作对土壤微生物区系的影响来看, 与连作相比, 轮作更有利于土壤质量的改善, 有利于克服土壤连作障碍。本研究中, 轮作土壤微生物多样性指数和均匀度指数都高于连作土壤, 这可能是轮作条件下, 由于地上部植物种类增加, 导致进入到土壤中的物质、能量流的多样性和数量的增加, 为根际土壤中微生物繁殖提供了丰富的能源和碳源, 使地下部土壤微生物种类和数量也相应增加, 该研究结果与吴凤芝等<sup>[1]</sup>的报道相同。

在本研究中, 菜-菜、菜-花和花-花三种轮作模式中, 除真菌以外, 其它微生物数量都以花-花轮作模式最多, 菜-菜轮作模式最少。王静等<sup>[15]</sup>研究表明, 菜-菜轮作模式养分投入量最大, 菜-花轮作模式次之, 花-花轮作模式养分投入量最少; 邓玉龙等<sup>[16]</sup>的研究表明不同作物轮作时, 有利于增加有机肥对设施土壤 pH 的缓冲效果, 设施土壤不容易发生酸化, 同类型作物不同品种轮作时, 土壤有机肥对土壤 pH 的缓冲效果不明显, 土壤容易酸化; 有研究表明养分供应状况和土壤 pH 的变化与微生物区系的变化间存在紧密联系<sup>[9]</sup>, 说明不同轮作种植模式下施肥量的差异和不同轮作模式对土壤 pH 影响可能是造成微生物数量差异的原因之一。

### 3.2 种植模式对土壤酶活性的影响

土壤中所有生物生化过程之所以能够持续进行是依靠土壤酶作为动力的。土壤酶活性与土壤质量的很多理化指标以及土壤生物数量和生物多样性相互

联系,并受到土壤有机无机复合体保护,具有一定的稳定性,能够较全面地、灵活可靠地反映出土壤生物学肥力质量变化和判别胁迫环境下以及人为扰动下土壤生态系统的早期预警,在一定程度上比静态的土壤理化性质更有实际意义<sup>[7]</sup>。

合理轮作能促进土壤生物化学过程,有利于提高土壤酶活性<sup>[8]</sup>;本研究表明轮作土壤的过氧化氢酶活性、脲酶活性和蔗糖酶活性显著高于连作土壤,与吴凤芝等<sup>[10]</sup>的研究结果相同。这可能是轮作相对于连作来说,向土壤中输入的物质种类和数量要多,同时更有利于土壤的良性发育,因此土壤酶活性显著提高。菜-菜、菜-花和花-花三种轮作模式对土壤的过氧化氢酶活性、脲酶活性和蔗糖酶活性的影响与微生物的变化相同,证实了土壤微生物与酶活性间存在密切关系。

由上可见,在实际生产中,对设施土壤的管理仍处于经验阶段,缺乏科学指导,随着种植年限的增加可能会造成土壤的连作障碍。从本研究来看,轮作种植能增加微生物数量,改善微生物多样性和多样性,提高土壤酶活性,不同轮作模式对土壤微生态环境的影响表现为花-花轮作效果最好,花-菜轮作次之,菜-菜轮作模式效果相对较差。因此,进行轮作种植和确定友好轮作模式是改善土壤微生态环境的重要因素之一,也是保护和提高设施土壤质量的有效措施之一。

#### 参考文献

- [1] 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.
- [2] 王 辉,董元华,李德成,等. 不同种植年限大棚蔬菜地土壤养分状况研究[J]. 土壤, 2005, 37(4): 460 - 462.
- [3] 余海英,李廷轩,周健民. 设施土壤盐分的累积、迁移及离子组成变化特征[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(4): 642 - 650.
- [4] 杜连凤,张维理,武淑霞,等. 长江三角洲地区不同种植年限保护菜地土壤质量初探 [J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12 (1): 133 - 137.
- [5] 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[J]. 生态学报, 2006, 26(4): 1144 - 1150.
- [6] ZELLES L. Fatty acid patterns of phospholipids and lipopolysaccharides in the characterisation of microbial communities in soil: A review [J]. Biology and Fertility of Soils, 1999, 29: 11 - 29.
- [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] 黎 宁,李华兴,朱凤娇,等. 菜园土壤微生物生态特征与土壤理化性质的关系[J]. 应用生态学报, 2006, 17(2): 285 - 290.
- [9] 许光辉,郑洪云. 土壤微生物分析方法手册 [M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [10] 姚槐应,黄昌勇. 土壤微生物生态学及其实验技术[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [11] 关松荫. 土壤酶学研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 278 - 280.
- [12] 张 薇,魏海雷,高洪文,等. 土壤微生物多样性及其环境影响因子研究进展[J]. 生态学杂志, 2005, 24(1): 48 - 52.
- [13] 李 刚,文景芝,吴凤芝,等. 连作条件下设施黄瓜根际微生物种群结构及数量消长 [J]. 东北农业大学学报, 2006, 37 (4): 444 - 448.
- [14] 费颖恒,黄 艺,严昌荣,等. 大棚种植对农业土壤环境的胁迫[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(1): 243 - 247.
- [15] 王 静,张维理,郑 毅,等. 滇池流域环境友好作物轮作模式的选择[J]. 云南农业大学学报, 2006, 21(5): 663 - 669.
- [16] 邓玉龙,张乃明. 设施土壤 pH 值与有机质演变特征研究[J]. 生态环境, 2006, 15(2): 367 - 370.
- [17] 唐玉姝,魏朝富,颜廷梅,等. 土壤质量生物学指标研究进展[J]. 土壤, 2007, 39(2): 157 - 163.
- [18] 吴凤芝,孟立君,王学征. 设施蔬菜轮作和连作土壤酶活性的研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(4): 554 - 558.

## Effect of Rotation Patterns on Soil Microbial Community and Enzyme Activities Under Protected Cultivation

DONG Yan<sup>1a</sup>, LU Yao<sup>2</sup>, DONG Kun<sup>1b</sup>, TANG Li<sup>1a\*</sup>

(1. Yunnan Agriculture University a. College of Resources and Environment, b. College of Food Science and Technology, Kunming 650201, China; 2. Agriculture Environment Institute, Yunnan Academy of Agricultural Science, Kunming 650201, China.)

**Abstract:** The microbial flora and enzyme activities were investigated in greenhouse soil with different planting patterns in Kunming suburbs. The results showed that compared with continuous cropping, the highest amounts bacteria and actinomycetes and the highest enzyme activities were observed in flower-flower rotation soil, the lowest was observed in vegetable-vegetable rotation soil. These results indicated that under protected cultivation, crop rotation was conducive to regulate soil microbial flora and improve diversity and stability of microbial community, thus soil quality was improved.

**Key words:** Greenhouse soil; Rotation Pattern; Soil microbes flora; Soil enzyme activities