

西瓜连作对土壤主要微生物类群和土壤酶活性的影响

赵萌^{1,2} 李敏^{1,2*} 王淼焱² 王玉¹ 张学义¹

(1. 青岛农业大学园艺学院 青岛 266109)

(2. 青岛农业大学菌根生物技术研究所 青岛 266109)

摘要: 从昌乐不同种植年限西瓜大棚采集土壤, 测定了连续种植 6、8、10、14 和 20 年西瓜大棚土壤中细菌、放线菌和真菌数量、土壤酶活性及土壤理化特性状的变化特点。结果表明: 随着种植年限的增加, 土壤中细菌、放线菌呈现先升后降趋势; 真菌数量变化趋势则与之相反; 蛋白酶、多酚氧化酶也同样呈现先升后降趋势, 脲酶呈下降趋势, 蔗糖酶呈上升趋势; 同时在连作栽培过程中, 土壤中速效氮含量较为稳定, 速效钾和速效磷的含量随着连作年限的增加出现少量积累, 土壤酸化日趋严重。讨论了连作条件下土壤微生物数量与土壤酶活性及土壤理化性状之间的关系。
关键词: 连作, 微生物, 酶活性, 西瓜

Effects of Watermelon Replanting on Main Microflora of Rhizosphere and Activities of Soil Enzymes

ZHAO Meng^{1,2} LI Min^{1,2*} WANG Miao-Yan² WANG Yu¹ ZHANG Xue-Yi¹

(1. Horticultural College, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109)

(2. Institute of Mycorrhizal Biotechnology, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109)

Abstract: Soil samples collected from greenhouses with 6, 8, 10, 14 and 20 years watermelon replanting, respectively, in Changle, Shandong province were analyzed for number of bacteria, actinomycetes, and fungi, and soil enzyme activities, and pH, N, P, K, and organic matter contents in soil. Results showed that with year increasing of replanting, the number of bacteria and actinomycete showed a trend of increasing first and then decreasing afterward; the activities of proteinase and polyphenoloxidase had a similar trend as those of the number of bacteria and actinomycete; however, the trend of the number of fungi was totally opposite to that. As the replanting year increasing, the urease activity decreased, while the saccharase activity increased. Results also showed that the nitrogen content of replanting soil was not evidently changed, while the contents of P, K in the soil had a little accumulation after replant of watermelon. The relationship between microflora, soil enzyme activities, physical and chemical character in replanting soils was also discussed.

Keywords: Replant, Microflora, Activities of soil enzymes, Watermelon

近年来,关于设施栽培中蔬菜连作障碍的研究屡见不鲜^[1,2],土壤质量的下降是造成连作障碍的主要原因之一,其中土壤微生物结构,数量和种类的改变,及土壤酶活性的变化均影响土壤生态环境质量^[3]。土壤微生物通过繁殖与代谢,参与土壤的物质转化过程^[4]。而土壤酶活性则通过反映土壤养分转化的强弱,表明土壤熟化程度,土壤理化性状以及有机质的变化情况^[5]。西瓜作为一种忌连作植物,其连作障碍的发生严重影响西瓜生产和市场的周年供应,但目前针对西瓜连作的微生物区系和土壤酶活性的研究较少,生产上多采用嫁接的方法缓解连作障碍问题,但随着嫁接连作年限的增加,也不同程度地出现连作障碍。为此,作者研究了不同连作年限西瓜大棚土壤中微生物和土壤酶的变化,旨在为进一步解决西瓜连作障碍提供理论依据。

1 材料与方 法

试验西瓜品种为京欣 1 号,嫁接砧木为青研 1 号南瓜砧木(抗西瓜枯萎病),用插接法嫁接。土样于 2006 年 11 月~12 月(西瓜收获期)采自山东省昌乐县尧沟镇西瓜种植大棚,分别选择种植年限为 6、8、

10、14 和 20 年的大棚各 3 栋(各棚当茬施肥等管理水平相同),采用 5 点取样法,采集西瓜根系 0 cm~20 cm 耕层土壤,将采集土样混匀后,一部分在 4℃ 下保存,用于测定微生物种类与数量;一部分风干保存,用于测定土壤理化性状和土壤酶活性。微生物数量的测定采用平板稀释计数法^[6];土壤酶活性测定均按照关松荫实验方法^[7];土壤理化性状测定参照鲍士旦的方法^[8]。

2 结果与分析

2.1 西瓜连作对土壤主要微生物数量的影响

由表 1 可见,在连作 10 年内,土壤中细菌和放线菌数量得到不断积累,而伴随着连作年限的继续增加,土壤中细菌数量急剧减少,有益的放线菌数量也较为稀少,真菌数量有所增加。不同连作年限的土壤中,微生物总量与组成也呈现较大差异,以连作 10 年作为界限,微生物总量呈现前期增多,后期减少趋势,而同一连作年限土壤中微生物组成相对数量没有变化,仍以细菌为主。但随着连作程度加深,真菌在微生物总量中所占比例迅速增加,由 0.19% 上升到 2.36%,细菌比例却下降。

表 1 西瓜连作土壤主要微生物数量的变化*
Table 1 Changes of microbe numbers in watermelon replanting soil

| 连作年限 Replant years | 微生物总数 Total ($\times 10^4$ CFU/g DW) | 真菌 Fungi number | | 细菌 Bacteria number | | 放线菌 Actinomyce number | |
|--------------------------|---|---------------------------|------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|
| | | ($\times 10^3$ CFU/g DW) | (%) | ($\times 10^4$ CFU/g DW) | (%) | ($\times 10^4$ CFU/g DW) | (%) |
| 6 | 949.2 aA | 17.6 aA | 0.19 | 912.8 abA | 96.16 | 34.6 bB | 3.65 |
| 8 | 885.9 aA | 13.5 aA | 0.15 | 795.6 abA | 89.81 | 88.9 bB | 10.04 |
| 10 | 1897.0 aA | 6.0 aA | 0.03 | 1528.1 aA | 80.55 | 368.3 aA | 19.42 |
| 14 | 740.5 aA | 17.1 aA | 0.23 | 605.9 abA | 81.82 | 132.8 bB | 17.95 |
| 20 | 310.3 aA | 73.1 bB | 2.36 | 245.6 bA | 79.14 | 57.4 bB | 18.50 |

注: *各列不同大写和小写字母分别表示 $P < 0.01$ 和 $P < 0.05$ 水平差异显著,下同

Note: *Different capital letters and little letters in columns means significant difference at $P < 0.01$ level and $P < 0.05$ level, respectively. The same as below

2.2 西瓜连作对土壤酶活性的影响

在不同连作年限土壤中,土壤酶活性也表现了不同程度的变化(表 2),连续种植 14 年的土壤,表现出了较高的蛋白酶活性,而种植年限到达 20 年时,其活性急剧下降到 0.38 $\text{NH}_2\text{-N mg/g}$ 。土壤中多酚氧化酶活性也表现出了与蛋白酶相同的变化趋势,在连作 10 年时,达到 0.64 mg/g 的最高水平。随着连作年限增加土壤中脲酶活性逐渐降低,而蔗糖酶活性却随着连作年限的增加而增强。

2.3 西瓜连作对土壤理化性状的影响

从表 3 可以看出,土壤中氮素含量在连作栽培过程中变化不大;而连作 6 年与连作 20 年相比,连作土壤中钾素含量逐渐增多。随着连作年限的增加,土壤中速效磷含量增加。连作 20 年的土壤 pH 值,比连作 6 年低了 2.22,导致酸化。

2.4 土壤主要微生物类群与土壤酶活性相关分析

相关分析发现,土壤微生物主要类群数量与土壤蛋白酶、多酚氧化酶、脲酶、蔗糖酶及土壤

理化性状有着极大的关系。其中速效氮含量对微生物数量影响较大; 同时真菌数量与蔗糖酶活性呈正相关, 与多酚氧化酶, 蛋白酶和脲酶活性呈显著负

相关; 细菌数量与脲酶和多酚氧化酶活性呈显著正相关; 放线菌只与多酚氧化酶呈一定正相关(见表 4)。

表 2 西瓜连作对土壤酶活性的影响
Table 2 Influences of watermelon replanting on activities of soil enzymes

| 连作年限 Replant years | 蛋白酶 Proteases (NH ₂ -N mg/g) | 多酚氧化酶 PPO (mg/g) | 脲酶 Urease (NH ₃ -N mg/g) | 蔗糖酶 Saccharase (Glucose mg/g) |
|-----------------------|--|---------------------|--|----------------------------------|
| 6 | 0.55 abABC | 0.49 bcB | 0.41 aA | 0.15 cC |
| 8 | 0.46 bcBC | 0.50 bB | 0.38 aA | 0.11 cC |
| 10 | 0.59 aAB | 0.64 aA | 0.35 aA | 0.16 cC |
| 14 | 0.65 aA | 0.43 cB | 0.07 bB | 0.26 bB |
| 20 | 0.38 cC | 0.21dC | 0.10 bB | 0.56 aA |

表 3 西瓜连作对土壤基本理化性状的影响
Table 3 Influences of watermelon replanting on soil basic properties

| 连作年限 Replanting years | pH 值 | 速效氮 Available N (mg/kg) | 速效磷 Olsen-P (mg/kg) | 速效钾 Available K (mg/kg) | 有机质 Organic matter (%) |
|--------------------------|------|----------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 6 | 8.11 | 77.84 abA | 67.57 dD | 270.09 dD | 0.97 bB |
| 8 | 7.65 | 76.49 bA | 72.97 dD | 208.72 eE | 0.94 cC |
| 10 | 6.89 | 64.98 cB | 99.25 cC | 316.49 cC | 0.74 eD |
| 14 | 6.97 | 79.19 aA | 163.68 aA | 445.92 aA | 1.22 aA |
| 20 | 5.89 | 77.17 abA | 128.40 bB | 407.23 bB | 0.92 dC |

表 4 不同连作年限土壤微生物变化与土壤酶活性及土壤理化性状相关分析
Table 4 Correlations among microbial strains, activities of enzymes and physical chemical character in replanting soil

| | 真菌 Fungi | 细菌 Bacteria | 放线菌 Actinomyces |
|--------------------|------------|-------------|-----------------|
| 蛋白酶 Proteases | -0.73341* | 0.02077 | 0.09627 |
| 多酚氧化酶 PPO | -0.93437** | 0.68347 | 0.48380 |
| 脲酶 Urease | -0.58983 | 0.71269* | 0.18185 |
| 蔗糖酶 Saccharase | 0.95956** | -0.40738 | -0.06033 |
| 速效氮 Available N | 0.35753 | -0.82999* | -0.92351** |
| 速效磷 Olsen-P | 0.32627 | -0.43347 | 0.08965 |
| 速效钾 Available K | 0.4654 | -0.4439 | 0.04217 |
| 有机质 Organic matter | 0.01964 | -0.57826 | -0.52738 |

3 讨论

土壤中微生物的生长发育经常受到来自各方面因素的干扰, 如土壤的理化性状, 土壤的肥力水平等。设施栽培相对封闭的环境, 不可避免的影响土壤微生物数量^[9]。本试验土壤中微生物总体数量相对较小, 可能与土壤有机质含量相对较低有关, 但研究表明随着西瓜连作年限的增加, 土壤中的微生物数量, 细菌和放线菌数量仍能呈现明显的先上升后下降的趋势, 同样支持了前人的研究^[10]。但真菌数量呈现了相反的变化趋势, 可能是西瓜连作后土壤中养分的缺失致使真菌数量出现短暂下降, 且由

于嫁接砧木在连作初期的抗病作用, 延缓了真菌数量迅速增加的年限, 使这种变化趋势在连作十年后才出现了显著差异。连作栽培条件下, 作物根系分泌物和植株残茬为土壤微生物提供了丰富的营养和寄主, 使得微生物数量不断增加^[11,12]。在调查中发现, 连作病害发生严重时, 大量杀菌剂的施用, 使连作后期土壤中微生物总量有所减少, 尤其是有益细菌数量和放线菌数量明显下降。

养分失衡也会影响西瓜对其他营养元素的吸收而出现生理缺素症状。设施栽培西瓜施肥量大, 多施用二铵和硫酸钾, 连年栽植后, 土壤主要养分含量比例发生了变化。同时连作后土壤pH值降低, 有

利于病原菌生长和繁殖, 过低的pH值还会伴随NO₃-N含量高, 盐类浓度高及营养失衡等问题, 加重连作障碍的发生^[13]。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^[5], 连作会影响土壤酶活性^[14]。本研究表明, 伴随着连作障碍不同程度的发生, 蛋白酶、多酚氧化酶、脲酶活性均有不同程度的降低, 只有蔗糖酶活性逐渐升高。相关分析发现, 真菌数量与蔗糖酶活性呈正相关, 细菌数量则与脲酶呈正相关。说明在连作栽培过程中, 根系分泌物的不断积累, 抑制了土壤多酚氧化酶活性, 却促进了真菌的生长, 加重了连作障碍病害与自毒作用的发生。

致 谢: 本文承蒙刘润进教授审阅, 谨此致谢!

参 考 文 献

- [1] 吴凤芝, 赵凤艳, 刘元英. 设施蔬菜连作障碍原因综合分析及防治措施. 东北农业大学学报, 2000, 31(3): 241-247.
- [2] 喻景权, 杜尧舜. 蔬菜设施栽培可持续发展中的连作障碍问题. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(1): 124-126.
- [3] 李跃林, 彭少麟, 李志辉. 桉树人工林地土壤酶活性与微量元素含量的关系. 应用生态学报, 2003, 14(3): 345-348.
- [4] Victoria J Allison, R Michael Miller, Julie D, *et al.* Changes in soil microbial community structure in a tall-grass prairie chronosequence. *Soil Biology & Biochemistry*, 2005, 69: 1412-1421.
- [5] Huner AH. Laboratory and greenhouse techniques for nutrient survey to determine the soil amendment required for optimum plant growth. Florida USA: Mimeograph, Agro, Service International, 1998, pp. 56-68.
- [6] 赵 斌, 何绍江. 微生物学试验. 北京: 科学出版社, 2002, pp. 23-54.
- [7] 关松荫. 土壤酶及其研究法. 北京: 农业出版社, 1986, pp. 45-60.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京: 农业出版社, 2000, pp. 268-282.
- [9] Yao Huaiying, Jiao Xiaodan, Wu Fengzhi. Effects of continuous cucumber cropping and alternative rotations under protected cultivation on soil microbial community diversity. *Plant and Soil*, 2006, 284: 195-203.
- [10] 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. 应用生态学报, 2004, 15(6): 1005-1008.
- [11] Yang CH, Crowley DE, Menge JA. 16S rDNA fingerprinting of rhizosphere bacterial communities associated with healthy and *Phytophthora* infected avocado toots. *FEMS Microbiology Ecology*, 2000, 35: 129-136.
- [12] Bailey VL, Smith JL, Bolton H. Fungal-to-bacterial ratios in soils investigated for enhanced C sequestration. *Soil Biology & Biochemistry*, 2002, 34: 997-1007.
- [13] 吕卫光, 戴富明, 张春兰, 等. 设施西瓜连作障碍因子. 北方园艺, 2004, 6: 26.
- [14] 丁海兵, 郭亚利, 黄建国, 等. 连作烤烟不同粒级土壤酶活性研究. 耕作与栽培, 2005, 5: 13-15.

稿件书写规范

论文中统计学符号书写规则

统计学符号一般用斜体。本刊常用统计学符号介绍如下, 希望作者参照执行。

样本的算术平均数用英文小写 \bar{x} , 不用大写 X , 也不用 $Mean$ 。标准差用英文小写 s , 不用 SD 。标准误用英文小写 $s_{\bar{x}}$, 不用 SE 。 t 检验用英文小写 t 。 F 检验用英文大写 F 。卡方检验用希腊小写 χ^2 。相关系数用英文小写 r 。样本数用英文小写 n 。概率用英文大写 P 。