

马铃薯连作对土壤理化性质及酶活性的影响

杜茜¹, 马琨²

(1. 北方民族大学 生物科学与工程学院, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

摘要:为了揭示马铃薯连作障碍产生的机理, 维护健康的农田生态系统环境, 从而保障马铃薯的产量安全, 采用盆栽试验研究马铃薯连作对土壤理化性质和酶活性的影响。结果表明: 马铃薯连作土壤湿热灭菌添加马铃薯残茬后, 有机质、全氮、全磷、速效钾、速效磷、碱解氮含量均有所提高, 除有机质和速效磷含量差异不显著外, 其余含量具有极显著差异, 且土壤 pH 显著降低。连作土壤湿热灭菌后, 土壤脲酶、磷酸酶、过氧化氢酶活性均极显著降低。连作土壤添加马铃薯残茬后, 土壤脲酶和过氧化氢酶活性升高, 由此说明马铃薯连作土壤中可能含有化感自毒物质。

关键词: 马铃薯; 连作; 土壤理化性质; 土壤酶活性

中图分类号: S641

文献标识码: A

文章编号: 1002-2767(2013)05-0020-04

土壤中的酶是土壤生物代谢的产物, 参与生物循环和土壤有效肥力的形成, 是土壤生物化学特征的重要组成部分, 可以反映土壤养分的转化能力以及微生物活性大小, 因此, 土壤酶活性是评价土壤肥力和表征土壤生物活性的重要指标^[1-6]。Dougla 等^[7]将土壤酶活性确定为土壤生物学性质研究的一项重要内容。脲酶在土壤中广泛存在, 直接参与土壤有机氮的转化, 一定程度上可以反映土壤供氮水平状况^[8]。土壤中的过氧化氢对生物体有毒害作用, 过氧化氢酶能够催化分解土壤中过多的过氧化氢, 使植物避免受到过氧化物的伤害。另外, 分解的产物可以为生物生长发育提供必要的营养物质^[9-10]。磷酸酶是土壤中最为活跃的酶类之一, 可以促进土壤中无机磷酸盐或有机磷化合物转化为无机态磷, 更好地被植物利用^[11]。

许多学者对连作后土壤酶活性的影响进行了研究, 其结果存在较大差异。对土壤过氧化氢酶、磷酸酶、脲酶、纤维素酶和蔗糖酶活性分析发现: 过氧化氢酶、磷酸酶和脲酶的活性均表现为非根际土壤 > 根际土壤; 纤维素酶和蔗糖酶活性表现出相反趋势, 非根际土壤 < 根际土壤^[12-14]。刘素慧等研究得出, 大蒜连作后, 土壤过氧化氢酶、土壤脲酶、土壤磷酸酶活性均呈先上升后下降的趋

势, 其中, 连作 10 a 的土壤酶活性最高, 连作 10 a 后酶活性下降, 土壤过氧化氢酶连作 15 和 20 a 分别比 10 a 降低 7.52% 和 9.77%。连作 5、10、15 和 20 a 的土壤脲酶活性分别是对照的 2.63、3.03、2.92 和 2.78 倍。陈慧等^[15]对地黄连作后土壤酶活性变化的研究表明, 地黄连作对土壤酶活性产生了较大的影响, 土壤酶活性随着种植年限的增加而增强。种植 2 a 的土壤中纤维素酶和多酚氧化酶的活性分别比 1 a 的增加了 31.33% 和 9.43%, 蔗糖酶、脲酶和蛋白酶的酶活性分别增加了 32.39%、38.60% 和 58.27%, 连作 2 a 的土壤中磷酸酶比对照增加了 10.45%, 过氧化氢酶活性则为: 连作 1 a > 对照 > 连作 2 a。在刘瑜等^[16]的研究中, 土壤碱性磷酸酶、脲酶、β-葡萄糖苷酶、纤维素酶、多酚氧化酶等 5 种酶活性均随棉花连作年限增加而呈现下降趋势。设施黄瓜连作后, 随着连作年限的增加, 土壤脲酶、碱性磷酸酶、蔗糖酶活性均呈先上升后降低的趋势^[17]。

在宁夏回族自治区, 马铃薯种植面积也迅速扩大, 马铃薯的广泛种植已经改变了传统的耕作模式, 连作模式逐渐取代了轮作倒茬。宁夏南部山区是宁夏马铃薯的主要种植区, 同时也属生态脆弱地区, 大面积种植马铃薯最终会引起土壤理化性质的变化。马铃薯属于忌连作作物, 连作会使其产量降低、品质下降, 引发连作障碍。关于马铃薯连作障碍的报道尚少, 连作障碍产生的机理还不清楚, 特别是连作会对土壤产生什么样的影响需要探索。该试验采用盆栽方式, 研究马铃薯连作土壤理化性质的变化和根际土壤酶活性变化

收稿日期: 2013-01-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31160104); 宁夏自然科学基金资助项目(NZ12211)

第一作者简介: 杜茜(1970-), 女, 宁夏回族自治区银川市人, 硕士, 副教授, 从事植物生态和物种多样性研究。E-mail: du-qian88@sina.com。

的规律,进一步揭示马铃薯连作障碍产生的机理,为保障马铃薯的产量和品质提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤采集地概况及其理化性状

供试土壤采自宁夏固原市张易镇马场村,该区域是宁南黄土高原和六盘山阴湿区的过渡区

域,位于 $E106^{\circ}05'37.8''\sim 106^{\circ}06'16.3''$, $N35^{\circ}54'45.3''\sim 35^{\circ}55'17.0''$,海拔 2 133~2 276 m,降雨量自北向南递增,年均降水量 400 mm,年均蒸发量 1 361 mm,平均气温 $5\sim 7^{\circ}\text{C}$ 。土壤以黑垆土为主,是黄土母质上形成的典型地带性土壤,供试土壤基本理化性状见表 1。

表 1 供试土壤基本养分状况

Table 1 Soil basic physical and chemical characteristic

连作年限/a Years of continuous cropping	全氮/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ Total N	全磷/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ Total P	速效钾/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Available K	速效磷/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Available N	碱解氮/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Alkali solution nitrogen	有机质/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ Organic matter
10	0.77 ± 0.01	0.84 ± 0.03	352 ± 11.39	8.36 ± 0.70	110.37 ± 1.93	32.93 ± 2.96

1.2 材料

供试马铃薯品种为陇薯 1 号。供试马铃薯秸秆采自宁夏固原市张易镇马场村连作 10 a 农田土壤上前茬作物秸秆(包括地上和地下部分)。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验采用盆栽,于 2011 年 3~7 月在北方民族大学日光温室内进行。试验土壤设 4 个处理,处理 1 连作 10 a 农田土壤;处理 2 连作 10 a 经过灭菌的土壤;处理 3 连作 10 a+秸秆的土壤;处理 4 连作 10 a 灭菌+秸秆的土壤。在装盆前,将粉碎后的马铃薯秸秆加入一定量的水分,在温室内腐解 15 d(腐解过程中每天补充适量的水分)。采用高压灭菌锅对连作栽培 10 a 的马铃薯栽培地土壤进行湿热灭菌, 121°C 下灭菌 1 h。土壤用量 $15\text{ kg}\cdot\text{盆}^{-1}$,需要添加马铃薯残茬的盆,添加马铃薯秸秆 $50\text{ g}\cdot\text{盆}^{-1}$,每个处理设 5 个重复。

1.3.2 测定项目及方法 (1)土壤 pH 及基本理化性状的测定。pH 采用电位法(水土比为 5:1);有机质的测定采用重铬酸钾-外加热法;全氮的测定采用凯氏定氮法(K-370 凯氏定氮仪);碱解氮的测定采用碱解扩散法;全磷测定采用 $\text{HClO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4$ 钼锑抗比色法,速效磷的测定采用 $0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ NaHCO}_3$ 浸提-钼锑抗比色法;速效钾的测定采用 NH_4OAc 浸提-火焰光度法。具体测定方法参照相关参考文献^[18]。

(2)土壤脲酶的测定。脲酶测定采用苯酚-次氯酸钠比色法。称取 5 g 干土置于 50 mL 三角瓶中,加入 1 mL 甲苯 15 min 后加 10 mL 10% 尿素溶液和 20 mL pH 6.7 柠檬酸盐缓冲液,摇匀封口后 37°C 恒温培养 24 h。过滤后取 3 mL 滤液注

入 50 mL 容量瓶中,加蒸馏水至 20 mL,再加入 4 mL 苯酚钠溶液,3 mL 次氯酸钠溶液,混匀,定容。20 min 后显色,1 h 内于 578 nm 处比色。酶活性以 24 h 后 1 g 干土中氨基氮的含量表示^[18]。

(3)土壤磷酸酶的测定。磷酸酶测定采用磷酸苯二钠比色法。称取 5 g 风干土,置于 200 mL 三角瓶中,加 2.5 mL 甲苯,轻摇 15 min 后,加入 20 mL 0.5% 磷酸苯二钠(碱性磷酸酶用硼酸盐缓冲液),充分振荡后于 37°C 恒温培养箱中,培养 24 h。然后在培养液中加 100 mL 0.3% 硫酸铝溶液并过滤。吸取 3 mL 滤液于 50 mL 容量瓶中,定容。在分光光度计上于 660 nm 处比色。酶活性以 24 h 后 1 g 土壤中释出的酚的质量(mg)表示^[18]。

(4)土壤过氧化氢酶的测定。过氧化氢酶测定采用高锰酸钾滴定法。称取 2.00 g 风干土于 100 mL 的三角瓶中加入 40 mL 蒸馏水,再加入 5 mL 0.3% 过氧化氢溶液,在复式振荡机上振荡 20 min($120\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$)。然后加入 5 mL $1.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4 ,用定量滤纸过滤,取 25 mL 滤液用 $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 KMnO_4 滴定成淡粉红色。土壤过氧化氢酶活性以所消耗的 KMnO_4 的质量(mg)表示^[18]。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤养分的影响

由表 2 可以看出,处理 2 与处理 1 比较,连作土壤湿热灭菌使土壤中有机质、全磷、速效磷、碱解氮含量增加,但未达到显著水平,全氮、速效钾含量显著降低,pH 变化不大。处理 3 与处理 1 比较,连作土壤添加马铃薯秸秆后,有机质、全氮、全磷、速效钾、速效磷、碱解氮含量均有所增加,除有机质和

速效磷含量差异不显著外,其余含量具有极显著性差异,且土壤 pH 显著降低。处理 4 与处理 1 比

较,连作土壤添加马铃薯秸秆加湿热灭菌后,有机质、全氮、全磷、速效钾、速效磷、碱解氮含量均有所

表 2 不同处理对土壤主要养分的影响

Table 2 Effects of different treatment on primary nutrient of soil

处理 Treatment	有机质/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ Organic matter	全氮/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ Total N	全磷/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ Total P	速效钾/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Available potassium	速效磷/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Available phosphorus	碱解氮/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Alkali-hydrolyzale nitrogen	pH
1	32.93 \pm 2.96 A	0.77 \pm 0.01 C	0.84 \pm 0.03 B	352 \pm 11.39 C	8.36 \pm 0.70 A	110.37 \pm 1.93 C	8.40 \pm 0.08 A
2	34.82 \pm 1.30 A	0.73 \pm 0.01 D	0.85 \pm 0.01 B	271 \pm 34.80 D	8.51 \pm 1.30 A	111.53 \pm 1.07 BC	8.37 \pm 0.09 A
3	33.78 \pm 0.78 A	0.81 \pm 0.01 B	0.90 \pm 0.01 A	522 \pm 17.05 A	9.17 \pm 0.95 A	116.90 \pm 1.48 A	8.28 \pm 0.06 B
4	35.60 \pm 1.35 A	0.85 \pm 0.01 A	0.84 \pm 0.02 B	437 \pm 5.69 B	9.38 \pm 1.15 B	113.63 \pm 1.13 AB	8.24 \pm 0.08 B

注:大写字母表示处理间差异极显著($P<0.01$)。下同。

Note: Capital letters mean significant difference at 0.01 level. The same below.

增加,且差异极显著,土壤 pH 极显著降低。

2.2 不同处理对马铃薯土壤酶活性的影响

2.2.1 不同处理对土壤脲酶活性的影响 土壤脲酶是表征土壤氮素转化的关键酶,脲酶活性对作物的生长有重要作用。由图 1 可以看出,连作土壤经过湿热灭菌后,土壤脲酶活性均显著下降。与处理 1、处理 3 相比,连作处理 2 和处理 4 土壤脲酶活性分别下降了 6.67% 和 12.90%。连作土壤无论是否湿热灭菌,添加马铃薯残茬后,其土壤脲酶活性增加,处理 3 的脲酶活性是处理 1 的 1.03 倍,处理 4 的脲酶活性是处理 2 的 1.04 倍,且处理 3 与处理 1、处理 4 与处理 2 间均具有极显著差异。

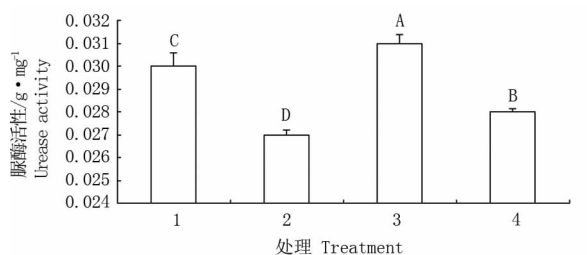


图 1 不同处理对土壤脲酶活性的影响

Fig. 1 Effect of different treatment on soil urease activity

2.2.2 不同处理对土壤磷酸酶活性的影响 土壤磷酸酶是决定土壤磷素转化的关键酶,其活性的高低对土壤中有机磷的分解转化具有直接的影响。由图 2 可以看出,连作土壤经过湿热灭菌后,土壤磷酸酶活性均呈下降趋势。处理 2 土壤磷酸酶活性下降幅度大,较处理 1 下降了 69.62%,差异极显著;与处理 1 相比,处理 4 土壤磷酸酶活性

下降幅度较小,较处理 3 下降了 31.03%。在未灭菌和灭菌 2 种条件下,连作土壤添加马铃薯残茬后,磷酸酶活性变化不一致,处理 3 与处理 1 比较,土壤磷酸酶活性显著下降;处理 4 与处理 2 比较,土壤磷酸酶活性显著升高。

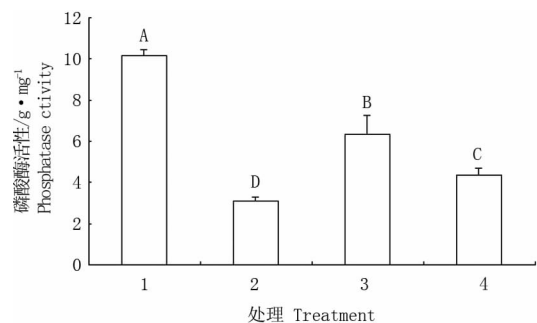


图 2 不同处理对土壤磷酸酶活性的影响

Fig. 2 Effect of different treatment on soil phosphatase activity

2.2.3 不同处理对土壤过氧化氢酶活性的影响

土壤过氧化氢酶是一种氧化还原酶,可以分解土壤中过氧化氢从而减小其对植物的毒害作用,一般用来表征土壤的生化活性。由图 3 可以看出,连作土壤经过湿热灭菌后,土壤过氧化氢酶活性均明显下降。与处理 1、处理 3 相比,处理 2、处理 4 的土壤过氧化氢酶活性分别下降了 4.65% 和 3.67%,差异均达到极显著水平。连作土壤添加马铃薯残茬后,土壤过氧化氢酶活性变化趋势与土壤脲酶变化趋势一致,即无论是否湿热灭菌,添加马铃薯残茬,土壤过氧化氢酶活性增加,处理 3 的过氧化氢酶活性是处理 1 的 1.01 倍,处理 4 的过氧化氢酶活性是处理 2 的 1.02 倍。

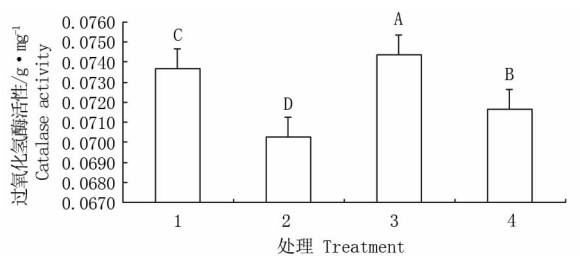


图3 不同处理对土壤过氧化氢酶活性的影响

Fig. 3 Effect of different treatment on soil catalase activity

3 结论与讨论

大量研究表明土壤养分亏缺是连作障碍产生的原因之一^[19-20],该文试验结果为连作土壤灭菌后,土壤有机质、全磷、速效磷、碱解氮含量稍有升高,但变化不显著。湿热灭菌可以使土壤中的某些缓效养分得以释放^[21],从而使连作土壤湿热灭菌后表现出有机质、全磷等含量升高,由此并不能说明土壤养分是马铃薯连作障碍产生的原因。张新慧^[22]研究表明,连作土壤灭菌使土壤磷酸酶和脲酶活性降低,柯文辉^[23]试验得出连作土灭菌使土壤脲酶活性降低,这与该试验结果相一致,该试验得出连作土壤湿热灭菌后,土壤脲酶、磷酸酶、过氧化氢酶活性均极显著降低。土壤中的酶主要来自微生物和根系的分泌物,其活性能间接地反映某些营养物质的转化情况以及土壤肥力的演变趋势^[24]。张咏梅^[25]研究得出茄科烟草的根系分泌物使土壤酶活性升高,该试验表明连作土添加残茬后,土壤脲酶和过氧化氢酶活性升高,由此分析说明连作土壤中可能含有化感自毒物质,且化感物质是引发马铃薯连作障碍的原因之一。今后将对马铃薯的化感物质和连作障碍的机理进行进一步的研究。

参考文献:

- [1] 曹慧. 不同种植时间菜园土壤微生物生物量和酶活性变化特征[J]. 土壤, 2002, 32(4): 197-200.
- [2] 范君华. 南疆温室和菜地土壤微生物学特性比较[J]. 土壤肥料, 2003, 31(3): 31-33.
- [3] 李跃林. 桉树人工林地土壤酶活性与微量元素含量的关系[J]. 应用生态学报, 2003, 14(3): 345-348.
- [4] 章家恩. 不同土地利用方式下土壤微生物数量与土壤肥力的关系[J]. 土壤与环境, 2002, 11(2): 140-143.
- [5] Kannan I, Wei S. Soil enzyme activities in two forage systems following application of different rates of swine lagoon effluent or ammonium nitrate[J]. Applied Soil Ecology, 2008, 38: 126-138.
- [6] Livia B, Uwe L, Frank B. Microbial biomass, enzyme activi-

ties and microbial community structure in two European long-term field experiments[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2005, 109: 141-152.

- [7] Douglas C L, Allmaras R R, Rasmussen P E, et al. Wheat straw composition and placement effects on decomposition in dryland agriculture of the Pacific Northwest[J]. Soil Science Am, 1980, 44: 833-837.
- [8] 杨玉盛, 何宗明, 俞新妥, 等. 杉木林取代阔叶林后土壤微生物学活性变化的研究[J]. 应用与环境生物学报, 1997, 3(4): 313-318.
- [9] 郑郁善, 黄宝龙. 福建含笑杉木混交林生物量和土壤肥力的研究[J]. 南京林业大学学报, 1998, 22(2): 49-52.
- [10] 薛冬, 姚槐应, 黄昌勇. 植茶年龄对茶园土壤微生物特性及酶活性的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(2): 84-87.
- [11] 周礼恺. 土壤酶[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 116-190.
- [12] 古战朝, 刁向银, 刘红杰, 等. 连作对烤烟根际土壤微生物数量和酶活性的动态影响[J], 2011, 10(5): 508-513.
- [13] 孙秀山, 封海胜. 连作花生田主要微生物类群与土壤酶活性变化及其交互作用[J]. 作物学报, 2001(5): 617-621.
- [14] 孙艳艳, 蒋桂英, 刘建国. 加工番茄连作对农田土壤酶活性及微生物区系的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(13): 3599-3607.
- [15] 陈慧, 郝慧荣, 熊君, 等. 地黄连作对根际微生物区系及土壤酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2007, 18(12): 2755-2759.
- [16] 刘瑜, 刘涛. 长期棉花连作对北疆棉区土壤生物活性与酶学性状的影响[J]. 生态环境学报, 2010, 19(7): 1586-1592.
- [17] 贺丽娜, 高静, 熊亚梅, 等. 连作对设施黄瓜产量和品质及土壤酶活性的影响[J]. 西北农林科技大学学报, 2008, 36(5): 155-159.
- [18] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 23-29.
- [19] 曹永胜, 张雪松, 戴素英. 胡萝卜特产区连作障碍原因调查分析[J]. 华北农学报, 2006, 21(增刊): 148-150.
- [20] 吕卫光, 余廷园, 诸海涛, 等. 黄瓜连作对土壤理化性状及生物活性的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(2): 119-121.
- [21] Troelstra S R, Wagenaar R, Smant W, et al. Interpretation of bioassays in the study of interactions between soil organisms and plants: involvement of nutrient factors[J]. New Phytol, 2001, 150: 697-706.
- [22] 张新慧. 当归连作障碍机制及其生物修复措施研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2009: 7-9.
- [23] 柯文辉. 烟草连作障碍根际微生态的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2009: 10-11.
- [24] 周礼恺, 张志明, 曹承绵. 土壤酶活性的总体在评价土壤肥力水平中的作用[J]. 土壤学报, 1983, 20(4): 413-417.
- [25] 张咏梅, 周国逸. 土壤酶学的研究进展[J]. 热带亚热带植物学报, 2004, 12(1): 83-90.

(下转第 39 页)