

甜樱桃重茬土壤有效养分及酶活性的变化

司 鹏, 邵 微, 于会丽, 杨晓静, 乔宪生, 高登涛, 王志强

(中国农业科学院郑州果树研究所, 河南 郑州 450009)

摘 要: 为了探讨甜樱桃重茬土壤中有效养分以及酶活性的变化, 在樱桃苗圃地分别从尚未栽种过甜樱桃苗、正茬、重茬区域采集土壤样品, 测定土壤有效养分含量($\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、速效 K、有效 P 及有效 B 等)和 4 种土壤酶(脲酶、过氧化氢酶、碱性磷酸酶以及蔗糖酶)的活性。结果表明: 与樱桃正茬土壤相比, 甜樱桃重茬土壤 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、速效 K、有效 P、有效 B、有效 Zn、有效 Fe、有效 Cu、可交换性 Mg 含量、脲酶以及碱性磷酸酶活性含量显著降低; 与正茬土壤相比重茬土壤中随着土层深度的增加, 矿质元素含量(除有效 Mn、Fe 以及可交换性 Ca 含量外)和 4 种土壤酶活性显著降低, 但可交换性 Ca 含量上升; 樱桃重茬土壤有效养分比例失调, 其中 Ca/P、Ca/K 及 Ca/Zn 严重失调, 其中 0~20 cm 土层失调比例高达 104.93%、140.45% 和 184.59%, 20~40 cm 土层失调比例分别为 110.03%、178.42% 以及 144.47%, Zn/Mn 和 Zn/Mg 失调较严重, 失调比例高达 50% 以上。其中相关性分析表明: 茬数与有效 Mn 含量呈线性极显著正相关; 脲酶和碱性磷酸酶与速效 K、有效 P、有效 B、有效 Zn 及有效 Cu 呈极显著正相关; 蔗糖酶与速效 K、有效 P 和有效 Cu 呈极显著正相关; 脲酶、碱性磷酸酶和蔗糖酶与交换性 Ca 含量呈极显著负相关。总之, 重茬土壤的有效养分含量以及土壤酶活性显著降低, 养分比例失调。

关键词: 甜樱桃重茬土壤; 土壤酶活性; 土壤有效养分

中图分类号: S158.3 文献标志码: A

The change of soil available nutrients and enzyme activity in sweet cherry replanted soil

SI Peng, SHAO Wei, YU Hui-li, YANG Xiao-jing, QIAO Xian-sheng,

GAO Deng-tao, WANG Zhi-qiang

(Institute of Zhengzhou Fruit Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou, Henan 450009, China)

Abstract: To investigate the change of soil available nutrients and enzyme activity in sweet cherry replanted soil, soil mineral elements content in (such like total N, nitrate N, ammonia N, available P and available K) and enzyme activity of (including urease, catalase, alkaline phosphatase and invertase) soil samples from NP (the plot never planted sweet cherry), FP (the plot first planted sweet cherry) and RP (the plot replanted sweet cherry) were measured. The results indicated that compared with FP, the content of nitrate N, available P, available K, available B, available Zn, available Fe, available Cu and exchangeable Mg significantly decreased, and the activities of urease and alkaline phosphatase also obviously decreased in RP; With soil depth increasing, the content of mineral elements (except for the content of available Mn, available Fe and exchangeable Ca) and soil enzyme activity including urease and alkaline phosphatase and invertase from in RP significantly decreased, while the exchangeable Ca content increased; Ca/P, Ca/K, Ca/Zn, Zn/Mn and Zn/Mg were imbalanced in RP. Additionally, correlation analysis showed that the cultivating times was positively correlated with the content of available Mn; Urease and alkaline phosphatase were positively correlated with available K ($r = 0.848$ and 0.880), available P ($r = 0.856$ and 0.932), available B ($r = 0.744$ and 0.761), available Zn ($r = 0.767$ and 0.852) and Cu ($r = 0.788$ and 0.852); Invertase was positively correlated with available K, P and Cu (0.626 , 0.71 and 0.656); urease, alkaline phosphatase and invertase were negatively correlated with the exchangeable Ca (0.784 , 0.866 and 0.854). In brief, soil available nutrient contents and enzyme activity significantly decreased

by replanted sweet cherry seedlings, and the nutrient proportion was imbalanced.

Keywords: sweet cherry replanted soil; soil enzyme activity; soil available nutrients; correlation analysis

果树重茬障碍是相同或者亲缘作物在同一块地连续种植而导致其生长变弱的现象,表现为:树体严重发育不良,节间缩短,叶片变小,根系褐变及腐烂,甚至死亡^[1-3]。目前对果树重茬土壤的研究多集中在微生物群落的构成以及代谢方面^[4-8],但对于养分以及酶活性的研究相对较少。

土壤养分是土地生产力的基础,影响着植物的生长,其水平的高低是衡量土壤质量好坏的重要指标^[9]。其中土壤有效养分含量作为判断果园土壤肥力水平的重要指标,能够速效被植物吸收^[10]。土壤酶,由土壤中的微生物、植物根系以及动植物残体派生而来,与土壤养分之间存在一定的相关性^[11-12],参与土壤养分循环的各个过程,同时反映了土壤中进行的各种生化过程的动向与强度,并且能够表征土壤微生物学活性和土壤肥力状况^[13-15]。土壤养分和土壤酶活性作为土壤肥力的检测指标,能够直接或者间接影响作物的生长,同时反映土壤环境的改变。

甜樱桃(*Prunus. avium* L.)因其色泽鲜艳,果实营养丰富,味美香甜,广受喜爱^[16]。甜樱桃 ZY-1 是 1988 年由意大利引进的樱桃半矮化砧木,适于我国生态与栽培条件^[17]。随着种植面积的不增加^[18],樱桃重茬问题日益严重,在樱桃苗圃地尤为明显。本文通过对重茬甜樱桃 ZY-1 土壤有效养分含量以及酶活性的测定,旨在阐明樱桃重茬对土壤有效养分以及酶活性的影响,以反映土壤肥力随着樱桃茬数增加的动态变化。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验区位于河南省中牟县樱桃苗圃(34°45'5"N, 114°1'34"E)。区域气候为温带大陆性季风气候;年均气温为 14.2℃,年均无霜期为 221 d,年均降水量为 616 mm,降水多集中在 7、8 月份。近三年无重大气象变化。

1.2 试验材料

在试验园区同一块试验田,设置 3 个处理,即:(1)甜樱桃重茬区(RP, replanted plot)于 2010 年 7 月首次开始栽种樱桃脱毒砧木苗,9 月底嫁接品种,2012 年底全部移除,2013 年初再次种植,2015 年年年初分别取土样 RP1(0~20 cm 土层)与 RP2(20~40 cm 土层);(2)甜樱桃种植正茬区(FP, first planted

plot)于 2013 年初开始种植,2015 年初分别取土样 FP1(0~20 cm)与 FP2(20~40 cm);(3)以未栽种过甜樱桃的苗圃区(NP, never planted plot),2015 年初分别取土样 NP1(0~20 cm)与 NP2(20~40 cm)。每个试验小区 12 m²,栽种 100 棵樱桃幼苗,设置 2 m 保护行,重复 3 次,随机区组排列。樱桃品种为‘红灯’,砧木为‘ZY-1’。每个处理土样均取自樱桃树苗行间。采样苗圃每年 3、5、7 月下旬施肥,每次施用氮磷钾复合肥 10 kg(15-15-15,施肥方式为溶解冲施),所有试验区域施肥相同。取样方法为梅花形布点法,选 5 个点,每个点用土钻分别取 0~20 cm 和 20~40 cm 的各处理行间土壤样品,剔除石块、植物残根等杂物后装入塑封保鲜袋带回实验室,过 1 mm 土筛,均匀分成四份,一份保存,三份待测(4℃保存)。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤大量元素的测定 土壤样品有效 P 采用 0.5 mol·L⁻¹ NaHCO₃ 浸提法,速效 K 采用 NH₄OAc 浸提、火焰光度法^[19],全氮测定用重铬酸钾-硫酸消化法;NO₃⁻-N 含量用酚二磺酸比色法测定,NH₄⁺-N 用 2 mol·L⁻¹ KCl 浸提-靛酚蓝比色法测定^[20]。

1.3.2 土壤微量元素的测定 有效 Zn、Mn、Fe、Cu 用二乙三胺乙酸(DTPA)浸提,原子吸收分光光度计测定;有效 B 用沸水浸提,姜黄素比色法测定^[19]。交换性钙和镁测定参照鲍士旦^[20]的方法测定。并按下式计算各养分的失调比例:养分失调比例 = [(RP - FP)/FP] × 100%,式中,RP 为重茬土壤养分比例,FP 为正茬土壤养分比例。

1.3.3 土壤酶活性测定 土壤脲酶活性采用苯酚钠-次氯酸钠比色法测定^[21];土壤碱性磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法^[19];土壤蔗糖酶采用 3,5-二硝基水杨酸比色法^[22];土壤过氧化氢酶活性采用 KMnO₄滴定法测定^[22]。

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2003 进行数据处理;用 SPSS 17.0 统计软件分别进行方差分析和相关性分析;用 Sigma Plot 10.0 软件进行绘制养分缺失比例图。

2 结果与分析

2.1 樱桃苗圃中 0~2 茬区土壤有效养分含量变化 如表 1 所示,0~20 cm 土层,速效 K 和有效 P 含

量由高到低为:FP1、NP1 以及 RP1;NO₃⁻ - N 含量随着茬数的增加而降低;RP1 NH₄⁺ - N 含量最高,FP1 最低。20 ~ 40 cm 土层,FP2 有效 P 含量最高,其次为 NP2 和 RP2;速效 K 和 NO₃⁻ - N 含量为:FP2 >

RP2 > NP2;NH₄⁺ - N 含量随着茬数的增加而降低:NP2 > FP2 > RP2。双因子方差分析表明茬数与土层深度交互对土壤中大量元素均达到显著性水平。

表 1 樱桃苗圃中 0~2 茬区各土层土壤 NO₃⁻ - N、NH₄⁺ - N、速效 K 以及有效 P 含量变化

Table 1 Changes of total N, nitrate N, ammonium N, available potassium and phosphorus content in plots of different planting frequency in cherry nursery

处理 Treatment	NO ₃ ⁻ - N/(mg·kg ⁻¹)	NH ₄ ⁺ - N/(mg·kg ⁻¹)	速效 K/(mg·kg ⁻¹) Available K	有效 P/(mg·kg ⁻¹) Available P
NP1	76.99 ± 1.00a	4.78 ± 0.04c	128.42 ± 6.24bc	58.13 ± 2.20b
FP1	18.67 ± 0.45c	3.07 ± 0.09d	246.43 ± 4.26a	101.54 ± 3.50a
RP1	14.53 ± 0.45d	6.25 ± 0.16b	122.57 ± 2.36c	51.78 ± 1.96b
NP2	7.24 ± 0.03f	7.92 ± 0.23a	55.10 ± 3.04d	27.54 ± 1.54d
FP2	37.69 ± 0.28b	4.40 ± 0.25c	139.30 ± 4.35b	42.64 ± 2.22c
RP2	12.72 ± 0.14e	3.42 ± 0.23d	55.90 ± 2.90d	21.83 ± 2.90d
F 值 F value				
茬数 The continuous number	1632.65***	102.29***	422.08***	116.87***
土层深度 Soil depth	1849.13***	13.28**	614.60***	389.99***
茬数 × 土层深度 The continuous number × soil depth	4333.93***	138.48***	14.22**	22.40***

注:同列数据后不同字母表示处理间差异达 5% 显著水平; * P < 0.05, ** P < 0.01, *** P < 0.001; NP—未栽种过甜樱桃的苗圃区, FP—甜樱桃种植正茬区, RP—甜樱桃重茬区, 1—0~20 cm 土层土壤, 2—20~40 cm 土层土壤; 下同。

Note: data with different lowercase letters within the same column are significantly different at 0.05 level; * P < 0.05, ** P < 0.01, *** P < 0.001; NP—never planted plot, FP—first planted plot, RP—replanted plot, 1—0~20 cm depth soil, 2—20~40 cm depth soil; the same below.

如表 2,有效 B 和交换性 Mg 含量由高到低依次为:FP、NP 及 RP。0~20 cm 土层,FP1 的有效 Mn、Fe、Cu 含量最高,其次为 RP1 和 NP1;FP1 的有效 Zn 含量显著高于 NP1 和 RP1;随着樱桃苗栽种次数的增加,交换性 Ca 含量降低,即:NP1 > RP1 > FP1。20~40 cm 土层,FP2 的有效 Zn 和 Cu 含量最高,NP2 最低;有效 Mn 和交换性 Ca 含量随着茬数的增加而

增加,即:RP2 > FP2 > NP2;有效 Fe 含量随着茬数的增加而降低:NP2 > FP2 > RP2。双因子分析表明,茬数显著影响有效 B、Zn、Mn、Fe、Cu 以及交换性镁含量,土层深度显著影响土壤中所测微量元素的含量,两者交互显著影响有效 Zn、Mn、Fe、Cu、交换性 Ca 及 Mg 含量。同一处理土壤微量元素(除交换性 Ca 含量外)含量均随土层深度的增加而降低。

表 2 樱桃苗圃中 0~2 茬区各土层土壤有效态微量元素含量变化

Table 2 Changes of available trace elements content in plots of different planting frequency in cherry nursery.

处理 Treatment	有效 B Available B /(mg·kg ⁻¹)	有效 Zn Available Zn /(mg·kg ⁻¹)	有效 Mn Available Mn /(mg·kg ⁻¹)	有效 Fe Available Fe /(mg·kg ⁻¹)	有效 Cu Available Cu /(mg·kg ⁻¹)	交换性 Ca Exchangeable Ca /(cmol·kg ⁻¹)	交换性 Mg Exchangeable Mg /(cmol·kg ⁻¹)
NP1	1.46 ± 0.10b	1.03 ± 0.05c	2.16 ± 0.07e	4.40 ± 0.05e	0.58 ± 0.02c	54.73 ± 0.97c	3.31 ± 0.05ab
FP1	2.15 ± 0.17a	3.02 ± 0.07a	5.19 ± 0.03a	6.26 ± 0.07a	0.93 ± 0.03a	51.10 ± 1.18d	3.39 ± 0.07a
RP1	1.15 ± 0.10c	1.10 ± 0.02bc	5.07 ± 0.03a	5.93 ± 0.03b	0.69 ± 0.04b	52.97 ± 0.47cd	2.94 ± 0.03e
NP2	0.98 ± 0.08c	0.40 ± 0.02d	3.22 ± 0.06d	5.58 ± 0.04c	0.47 ± 0.02d	58.43 ± 0.44b	3.09 ± 0.02cd
FP2	1.51 ± 0.04b	1.23 ± 0.04b	3.71 ± 0.03c	5.41 ± 0.05d	0.62 ± 0.02c	59.93 ± 0.19ab	3.21 ± 0.03bc
RP2	0.84 ± 0.05c	0.52 ± 0.02d	4.01 ± 0.01b	4.19 ± 0.04f	0.53 ± 0.01d	61.70 ± 0.15a	2.97 ± 0.04de
F 值 F value							
茬数 The continuous number	38.75***	694.39***	1040.23***	200.80***	73.20***	3.58	32.255***
土层深度 Soil depth	35.38***	842.87***	173.21***	148.86***	125.89***	161.85***	12.10*
茬数 × 土层深度 The continuous number × soil depth	1.41	131.64***	441.31***	508.82***	12.90**	9.25**	4.78*

2.2 樱桃苗圃中 0~2 茬区土壤中养分比例变化

土壤有效养分含量之间的比例影响着植物对矿物质元素的吸收。如图 1 所示,重茬土壤大量元素之间存在不同程度的比例失调现象,Ca/P、Ca/K 及 Ca/Zn 的失调比例最高,其中 0~20 cm 土层失调比例高达 104.93%、140.45% 和 184.59%,20~40 cm

土层失调比例分别为 110.03%、178.42% 以及 144.47%。其次 Zn/Mn 和 Zn/Mg 失调比例在 0~20 cm 土层分别为 62.7% 和 57.9%,在 20~40 cm 土层分别为 61.0% 和 54.4%。综合来看,重茬樱桃土壤与 Ca 和 Zn 含量相关的养分比例缺失。

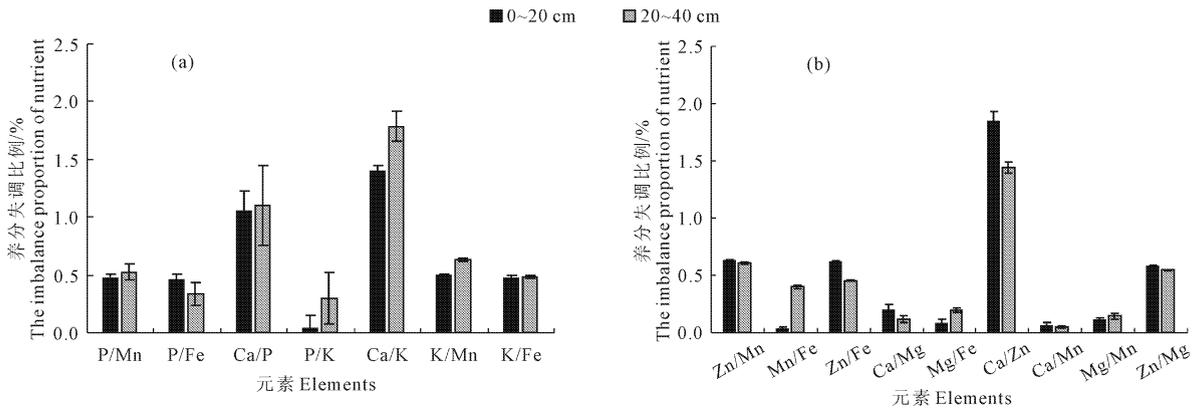


图 1 重茬樱桃土壤中大量元素与微量元素、大量元素间 (a) 及微量元素间 (b) 的失调比例

Fig.1 Imbalanced proportion of macroelements and trace elements,macroelements (a), and trace elements (b) in replanted cherry nursery soil

2.3 樱桃苗圃中 0~2 茬区土壤中酶活性变化

如表 3 所示,与对照相比,脲酶、碱性磷酸酶以及蔗糖酶活性随着茬数的增加呈现先上升后下降趋势,即与 FP 相比,RP 与 NP 的脲酶和碱性磷酸酶活性显著下降;随着茬数的增加,在 0~20 cm 土层,过

氧化氢酶活性与上述三种酶变化趋势相同,即 RP1 与 NP1 的酶活性较 FP1 显著降低,在 20~40 cm 土层则呈上升趋势,即 RP2 较 NP2 和 FP2 显著升高。比较同一处理不同土层的酶活性发现,脲酶、碱性磷酸酶以及蔗糖酶活性随着土壤深度的增加而显著下降。

表 3 樱桃苗圃中不同茬数区各土层土壤酶活性变化

Table 3 Changes of soil enzyme activity in plots of different planting frequency in cherry nursery.

处理 Treatment	过氧化氢酶 Catalase $\text{/(ml}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 20\text{ min}^{-1})$	脲酶 Urease $\text{/(mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24\text{h}^{-1})$	碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase $\text{/(mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24\text{h}^{-1})$	蔗糖酶 Invertase $\text{/(mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24\text{h}^{-1})$
NP1	1.144 ± 0.030ab	0.701 ± 0.030ab	0.764 ± 0.045b	11.741 ± 0.092b
FP1	1.178 ± 0.041a	0.804 ± 0.020a	1.113 ± 0.030 a	12.566 ± 0.400b
RP1	1.020 ± 0.068bcd	0.615 ± 0.069b	0.728 ± 0.030 b	14.770 ± 0.252a
NP2	0.952 ± 0.052cd	0.123 ± 0.013e	0.122 ± 0.036e	2.040 ± 0.449d
FP2	0.895 ± 0.041d	0.456 ± 0.011c	0.383 ± 0.008c	4.393 ± 0.462c
RP2	1.088 ± 0.020abc	0.229 ± 0.028d	0.250 ± 0.012d	4.073 ± 0.559c
茬数 The continuous number	0.08	25.72***	61.18***	20.48***
F 值 土层深度 Soil depth	13.94**	243.72***	643.94***	851.37***
F value 茬数 × 土层深度 The continuous number × soil depth	8.36**	6.53*	9.29**	5.06*

2.4 樱桃苗圃土壤有效养分含量与土壤酶活性、茬数及土层深度的关系

相关性分析表明(如表 4 所示),茬数与有效 Mn 含量呈线性正相关(相关系数为 0.722),与有效 Mg 含量和 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量呈线性负相关(相关系数为 -0.486 和 -0.559);脲酶和碱性磷酸酶与速效 K、

有效 P、有效 B、有效 Zn 及有效 Cu 呈正相关(相关系数分别为 0.848 与 0.880,0.856 与 0.932,0.744 与 0.761,0.767 与 0.852 以及 0.788 与 0.876);蔗糖酶与速效 K,有效 P 和有效 Cu 呈正相关(0.626,0.71 及 0.656);脲酶、碱性磷酸酶和蔗糖酶与交换性 Ca 含量呈负相关(-0.784、-0.866 和 -0.854)。

表4 樱桃苗圃中不同茬数区土壤矿质元素含量与土壤酶活性的相关性分析

Table 4 Correlation analysis of soil enzyme activity and mineral element content in plots of different planting frequency in cherry nursery.

元素 Element	茬数 The continuous number	过氧化氢酶 Catalase	脲酶 Urease	碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase	蔗糖酶 Invertase
NO ₃ ⁻ - N Nitrate N	-0.486 [*]	0.229	0.476 [*]	0.299	0.279
NH ₄ ⁺ - N Ammonium N	-0.366	-0.460	-0.441	-0.462	-0.208
速效 K Available K	-0.016	0.379	0.848 ^{**}	0.880 ^{**}	0.626 ^{**}
有效 P Available P	-0.094	0.493 [*]	0.856 ^{**}	0.932 ^{**}	0.710 ^{**}
有效 B Available B	-0.203	0.324	0.744 ^{**}	0.761 ^{**}	0.480 [*]
有效 Zn Available Zn	0.043	0.450	0.767 ^{**}	0.852 ^{**}	0.557 [*]
有效 Mn Available Mn	0.722 ^{**}	0.087	0.259	0.395	0.373
有效 Fe Available Fe	0.037	-0.125	0.329	0.420	0.335
有效 Cu Available Cu	0.231	0.477 [*]	0.788 ^{**}	0.876 ^{**}	0.656 ^{**}
交换性 Ca Exchangeable Ca	0.078	-0.503 [*]	-0.784 ^{**}	-0.866 ^{**}	-0.854 ^{**}
交换性 Mg Exchangeable Mg	-0.559 [*]	0.364	0.581 [*]	0.560 [*]	0.217

注 Note: * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

3 讨论

经研究发现,樱桃重茬土壤有效养分变化如下:首先随着樱桃苗的栽种(如表1与2所示),正茬土壤中速效K、有效P、有效B、有效Zn等含量显著升高,这表明樱桃苗的首次种植能够活化根系土壤养分的循环^[23],而重茬土壤中大部分养分含量(除NH₄⁺-N以及交换性Ca含量外)较正茬土壤大幅度下降,这可能与樱桃重茬能够造成土壤有效养分的缺失相关^[24-25]。其次,分析正茬土壤与重茬土壤有效养分含量变化发现(如图1所示),樱桃重茬土壤中养分比例大量失调,其中Ca/P、Ca/K、Ca/Zn、Zn/Mn和Zn/Mg养分失调严重,这与樊红科^[24]和郭修武^[26]分别在苹果和葡萄重茬上的研究结果相似。但是,苹果养分失调主要与Ca相关,葡萄重茬土壤养分失调严重主要与Zn相关,而樱桃重茬土壤Ca/P、Ca/K、Ca/Zn严重失调,而Zn/Mn和Zn/Mg失调较严重,这说明不同果树的重茬土壤在养分比例失调方面存在差异性。另外,分析茬数与土壤养分含量之间的关系发现(表4所示):茬数与土壤中的有效Mn呈线性正相关,与有效Mg含量呈负相关。土壤中NO₃⁻-N的含量在0~20cm土层随着茬数的增加而降低,而在20~40cm土层随着茬数的增加而呈现先升高后降低的趋势。马海燕等^[25]在研究非洲菊连作土壤时,发现土壤有效P以及速效K含量随着连作年限的增加而下降,这与本次研究结果一致。

另外,如表1所示,NP1的NO₃⁻-N含量在0~20cm土层最高,达到76.99 mg·kg⁻¹,而在20~40cm土层最低,仅为7.24 mg·kg⁻¹。首先,这与栽种

作物根系情况有关:NP为自然生草,根系主要分布在0~20cm土层,丰富了该土层微生物群落^[27-28],促进了土壤养分的循环,因此NP的NO₃⁻-N含量高;樱桃苗为木本植物,根系能够在20~40cm土层分布,从而改善了此土层土壤营养环境,因此FP2和RP2的NO₃⁻-N含量显著高于NP2。其次,自然生草与樱桃的土壤水势可能在垂直方向分布不同,而土壤中水势是影响NO₃⁻-N淋失的重要因素^[29]。

土壤酶活性对土壤环境变化能够迅速响应,准确表征土壤生物活性以及土壤养分循环中生化过程的动向与强度^[13-14,30-31]。多数研究表明^[32-36],与正茬土壤酶活性相比,未种植樱桃与重茬土壤酶活性普遍显著下降(如表3所示),因为樱桃的首次种植丰富了土壤微生物群落,使得土壤酶活性大幅度升高,这与陈金星等^[37-38]在其他树体上的研究相符;重茬土壤中致病菌增多、养分比例的失调等造成土壤环境的恶化,从而导致可能酶活性的降低。结合土壤有效养分与酶活性的变化规律,我们认为重茬樱桃能够影响土壤的理化性质以及养分循环的方向与强度。在樱桃重茬系统中,土壤的养分与酶活性密切相关。相关性分析表明,有效P与4种土壤酶活性均呈线性正相关,速效K含量与过氧化氢酶活性无相关性。但赵春燕^[39]在土豆重茬土壤时发现有效P含量与蔗糖酶无相关性,速效K含量与过氧化氢酶活性相关。同时发现有效Ca含量与土壤4种酶活性呈线性显著负相关,这与张昌顺^[40]在研究施肥状态下印楝幼林土壤情况不一致。这表明虽然土壤酶活性能够表征土壤肥力,但是不同处理下的土壤酶活性与养分含量相关性各有差异。

总之,樱桃重茬土壤中有效养分含量(NH₄⁺-N

含量)以及土壤酶活性(除蔗糖酶外)较正茬明显降低,而且土壤养分比例(Ca/P、Ca/K、Ca/Zn、Zn/Mn及Zn/Mg)失调严重。同时,重茬土壤中有效Mn含量随之升高,NO₃⁻-N含量以及交换性Mg含量下降。

参考文献:

- [1] Mazzola M. Elucidation of the microbial complex having a causal role in the development of apple replant disease in Washington[J]. *Phytopathology*, 1998, 88(9):930-938.
- [2] Sewell G W F. Effects of *Pythium* species on the growth of apple and their possible causal role in apple replant disease[J]. *Annals of applied Biology*, 1981, 97(1):31-42.
- [3] Catska V. Fruit tree replant problem and microbial antagonism in soil[J]. *Acta Horticulturae*, 1993, 324:23-34.
- [4] Patrick Z A. The peach replant problem in Ontario: II toxic substances from microbial decomposition products of peach root residues[J]. *Canadian Journal of Botany*, 1955, 33(5):461-486.
- [5] Mazzola M. Elucidation of the microbial complex having a causal role in the development of apple replant disease in Washington[J]. *Phytopathology*, 1998, 88(9):930-938.
- [6] Laurent A S, Merwin I A, Fazio G, et al. Rootstock genotype succession influences apple replant disease and root-zone microbial community composition in an orchard soil[J]. *Plant and Soil*, 2010, 337(1-2):259-272.
- [7] Yang J I, Ruegger P M, McKenry M V, et al. Correlations between root-associated microorganisms and peach replant disease symptoms in a California soil[J]. *Plos one*, 2012, 7(10):4642.
- [8] Franke - Whittle I H, Manici L M, et al. Rhizosphere bacteria and fungi associated with plant growth in soils of three replanted apple orchards[J]. *Plant and Soil*, 2015, 395(1-2):317-333.
- [9] 连 纲,郭旭东,傅伯杰,等.黄土高原小流域土壤养分空间变异特征及预测[J]. *生态学报*, 2008, 28(3):946-954.
- [10] 高义民,同延安,路永莉,等.陕西渭北红富士苹果园土壤有效养分及长期施肥对产量的影响[J]. *园艺学报*, 2013, 40(4):613-622.
- [11] 白世红,马风云,李树生,等.黄河三角洲不同退化程度人工刺槐林土壤酶活性、养分和微生物相关性研究[J]. *中国生态农业学报*, 2012, 20(11):1478-1483.
- [12] 方 助,吴承洪,洪 伟,等.植物根际、非根际土壤酶与微生物相关性研究进展[J]. *亚热带农业研究*, 2007, 3(3):209-215.
- [13] Yin R, Deng H, Wang H L, et al. Vegetation type affects soil enzyme activities and microbial functional diversity following re-vegetation of a severely eroded red soil in sub-tropical China[J]. *Catena*, 2014, 115(3):96-103.
- [14] 耿玉清,白翠霞,赵铁蕊,等.北京八达岭地区土壤酶活性及其与土壤肥力的关系[J]. *北京林业大学学报*, 2006, 28(5):7-11.
- [15] 陈 琦,尹粉粉,曹 靖,等.秦岭西部不同发育阶段油松和日本落叶松人工林土壤酶活性变化和分布特征[J]. *生态与农村环境学报*, 2010, 26(5):466-471.
- [16] 焦中高,刘杰超,王思新.甜樱桃采后生理与贮藏保鲜[J]. *果树学报*, 2003, 20(6):498-502.
- [17] 黄贞光,李 明,赵改荣,等.甜樱桃半矮化砧ZY-1二十八年引种示范推广总结[J]. *果农之友*, 2015, (8):48-49.
- [18] 黄贞光,刘聪利,李 明,等.近 20 年国内外甜樱桃产业发展动态及对未来的预测[J]. *果树学报*, 2014, 31(S1):1-6.
- [19] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.
- [20] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [21] 严昶升.土壤肥力研究方法[M].北京:农业出版社,1988:124-129.
- [22] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.
- [23] 吕德国,秦嗣军,刘国成,等.樱桃根际土壤特征及其评价[J]. *土壤通报*, 2008, 39(6):1343-1347.
- [24] 樊红科,赵政阳,刘怀锋,等.渭北高原苹果根区土壤养分变化及对再植苹果植株生长的影响[J]. *园艺学报*, 2008, 35(12):1727-1734.
- [25] 马海燕,徐 瑾,郑成淑,等.非洲菊连作对土壤理化性状与生物性状的影响[J]. *中国农业科学*, 2011, 44(18):3733-3740.
- [26] 郭修武,李 坤,郭印山,等.不同种植年限葡萄园根区土壤养分变化及对再植葡萄生长的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2010, 18(3):477-481.
- [27] 徐华勤,肖润林,宋同清,等.稻草覆盖与间作三叶草对丘陵茶园土壤微生物群落功能的影响[J]. *生物多样性*, 2008, 16(2):166-174.
- [28] 滕 应,黄昌勇,龙 健,等.复垦红壤中牧草根际微生物群落功能多样性[J]. *中国环境科学*, 2003, 23(3):295-299.
- [29] 张庆忠,陈 欣,沈善敏.农田土壤硝酸盐积累与淋失研究进展[J]. *应用生态学报*, 2002, 13(2):233-238.
- [30] 张 娟,吴宏亮,康建宏,等.不同种植模式对新压砂瓜田土壤养分和土壤酶活性的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2014, 32(2):107-113.
- [31] 南丽丽,郭全恩,曹诗瑜,等.疏勒河流域不同植被类型土壤酶活性动态变化[J]. *干旱地区农业研究*, 2014, 32(1):134-139.
- [32] 张晋爱,张兴昌,邱丽萍,等.黄土丘陵区不同年限柠条林地土壤质量变化[J]. *农业环境科学学报*, 2007, (S1):136-140.
- [33] 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.
- [34] 刘建国,张 伟,李彦斌,等.新疆绿洲棉花长期连作对土壤理化性状与土壤酶活性的影响[J]. *中国农业科学*, 2009, 42(2):725-733.
- [35] 谷 岩,邱 强,王振民,等.连作大豆根际微生物群落结构及土壤酶活性[J]. *中国农业科学*, 2012, 45(19):3955-3964.
- [36] 王 菲,王建宇,贺 婧,等.压砂瓜连作对土壤酶活性及理化性质影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2015, 33(5):108-114.
- [37] 陈金星.不同种植年限苹果园土壤特性比较[D].杨陵:西北农林科技大学,2010.
- [38] 杜静静.不同种植年限果园土壤理化性质与酶活性研究[D].临汾:山西师范大学,2013.
- [39] 赵春燕.马铃薯连作障碍机理的探讨[D].兰州:甘肃农业大学,2010.
- [40] 张昌顺,李 昆,马姜明,等.施肥对印楝幼林土壤酶活性的影响及其调控土壤肥力的作用[J]. *林业科学研究*, 2007, 19(6):750-755.