

# 黄土高原半干旱地区土地利用变化 对土壤养分、酶活性的影响研究

王鑫, 刘建新, 张希彪, 雷蕊霞, 来永福

(陇东学院 生命科学系, 甘肃 庆阳 745000)

**摘要:** 对黄土高原半干旱地区土地利用变化进行了土壤养分、酶活性及相关性研究。结果表明, 过氧化氢酶活性可表征人工草地苜蓿地的速效磷、速效钾, 撂荒地的有机质、全氮和碱解氮的正向转化状况, 及沙棘林土壤速效磷负向转化进程, 但不能用过氧化氢酶活性表征精细耕作的土壤肥力状况。多酚氧化酶活性可表征农田土壤有机质、全氮正向转化进程及菜园土和果园土有机质、全氮负向转化进程, 不能表征自然土壤腐殖质转化状况。转化酶活性可表征农田、菜园土、果园、苜蓿地和撂荒地的碱解氮正向转化进程以及沙棘林碱解氮的负向转化进程, 可全面表征撂荒地的速效磷负向转化进程及其它养分的正向转化进程。脲酶活性可表征果园地、菜园土的全氮、碱解氮和有机质的肥力水平。磷酸酶活性可表征果园土、农田和撂荒地的速效磷正向转化状况, 不能表征其它土地利用类型的磷素转化状况。

**关键词:** 土地利用变化; 土壤酶; 酶活性

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)06-0050-06

中图分类号: S158, S154.2

## Effects of Landuse Change on Soil Nutrients and Enzyme Activities and Their Correlations in Semiarid Area of the Loess Plateau

WANG Xin, LIU Jian-xin, ZHANG Xi-biao, LIE Rui-xia, LAI Yong-fu

(Department of Life Science, Longdong University, Qingyang, Gansu 745000, China)

**Abstract:** Soil nutrients, enzyme activities, and their correlations during landuse change in the semiarid area of the Loess Plateau are studied. Results show that catalase activity may indicate the right transformation condition of available P and available K in alfalfa land and organic matter, total N, and alkaline N in wasteland, as well as the negative transformation condition of available P in Sea-buckthorn land, but it may not indicate the fertilizer condition in field soil. Polyphenol oxidase activity may indicate the right transformation degree of organic matter and total N in field soil and the negative transformation degree of organic matter and total N in vegetable garden and orchard, but it may not indicate the humus transformation degree in soil. Invertase activity may indicate the right transformation degree of alkaline N in field soil, vegetable garden and orchard, alfalfa land, and wasteland and the negative transformation degree of alkaline N in sea-buckthorn land. At the same time, it may fully indicate the negative transformation degree of available P in wasteland and the right transformation degree of other nutrients. Urease activity may indicate the fertilizer level of total N, alkaline N, and organic matter in vegetable garden and orchard. Phosphatase activity may indicate the right transformation condition of available P in vegetable garden and orchard, field soil, and wasteland, but it may not indicate the phosphorus transformation condition of other landuses.

**Keywords:** landuse change; soil enzyme; enzyme activity

收稿日期: 2007-03-20

收稿日期: 2007-08-28

资助项目: 陇东学院自然科学研究项目(XYZK0508)资助

作者简介: 王鑫(1956—), 男(汉族), 甘肃镇原人, 副教授, 主要从事植物营养及新型肥料的应用研究工作。E-mail: qywangxin@126.com。

土壤酶是存在于土壤中各类酶的总称。现已被测定的大致有 50 多种<sup>[1]</sup>,它们来源于土壤中的动物、植物和微生物的细胞分泌物及其残体的分解物。它们参与了土壤中的一切生物化学过程;腐殖质的合成与分解;有机化合物、动植物和微生物残体的分解与转化;以及土壤中有机、无机化合物的各种氧化还原反应等等<sup>[2]</sup>。土壤营养物质的转化速度决定于酶促反应的快慢。土壤中各有机、无机营养物质的转化速度,主要决定于转化酶、蛋白酶、脲酶及其它水解酶类、多酚氧化酶类、硫酸盐还原酶等的酶促作用。所以测定各种相应的酶活性,主要是测定与土壤肥力因素有关的,分布最广的土壤酶活性的总体,可以间接地分析或是预测某些营养物质的转化情况以及土壤肥力的一般状况<sup>[3]</sup>。有些学者早在 50 年代便指出了用土壤酶活性做为衡量土壤的生物学活性和土壤生产力的指标<sup>[4-5]</sup>。有些学者指出,根据转化酶或其它酶的活性可以进行土壤肥力分类,能较好地反应出土壤的表现肥力。国内专家对黑土和棕壤土酶活性所进行的研究表明,土壤除了表现具有专性特征外,由于它们主要是以酶—有机质复合体的形式存在于土壤,也表现了某些共同性的特征:绝大多数的供试酶类均与土壤腐殖质的存在状况呈显著相关,不同酶类之间也存在着一定的相关性<sup>[6]</sup>,还有更多学者,根据自己的工作,反复强调了土壤酶活性与土壤肥力的直接相关性<sup>[7]</sup>。因此,可以说,随着土壤酶学研究的不断进展,在获悉了足够的,必要的参数和相关关系后,应用数学的分析方法,以土壤酶活性作为土壤肥力指标是完全可能的<sup>[8]</sup>。因此,了解土壤酶活性的强弱、有助于评断土壤的供肥能力,并可用其作为评断土壤肥力的辅助指标<sup>[4]</sup>。但是,也有不少学者认为,土壤酶活性很不稳定,不能全面反映土壤的生物学状况,更不能作为评断土壤肥力水平的指标<sup>[9]</sup>。本文主要研究土地的不同利用方式对土壤酶活性的影响特征,为土壤酶活性可否表征土壤肥力状况提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试土壤

供试土壤为陇东黄土高原半干旱地区黄绵土和黑垆土。分别采集人工沙棘林(黄绵土,栽培年限 10 a),果园(黑垆土,栽培年限 20 a),农田(黑垆土,栽培小麦 1 a),撂荒地(黄绵土,5 a),菜园土(黑垆土,温室黄瓜连作 10 a),紫花苜蓿地(黄绵土,栽培 10 a)。分 0—20,20—40,40—60 cm 土层采集。采集样品后

除去植物根系、石块等,在常温下晾干,研磨,过 1 mm 筛,袋装密闭备用。

### 1.2 分析项目及方法

土壤有机质、全氮、碱解氮分别采用重铬酸钾稀释放热法、半微量凯氏法、碱解扩散法,土壤速效磷、速效钾分别采用 0.5 mol/L NaHCO<sub>3</sub> 浸提—钼锑抗比色法、火焰光度计法<sup>[10-11]</sup>。过氧化氢酶、脲酶、转化酶、多酚氧化酶、碱性磷酸酶分别采用高锰酸钾滴定法、靛酚比色法、硫代硫酸钠滴定法、7230G 分光光度法、苯磷酸钠比色法<sup>[9-4]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 土地利用变化对土壤酶活性的影响

2.1.1 对过氧化氢酶活性的影响 过氧化氢酶是参与土壤中物质和能量转化的一种重要氧化还原酶,能酶促水解过氧化氢分解为水和氧的反应,解除过氧化氢对植物的毒害作用,在一定程度上可以表征土壤生物氧化过程的强弱<sup>[11-12]</sup>。它在土壤物质和能量的转化中占有重要地位。表 1 表明,除菜园土之外,其它不同土地利用方式表层土壤的过氧化氢酶活性值均较高,过氧化氢酶活性总体排序是:苜蓿地>农田>果园>撂荒地>沙棘林>菜园土。各层皆以紫花苜蓿地为最高,说明种植苜蓿有利于提高过氧化氢酶活性。菜园地由于人为大量施用化肥和农药,使过氧化氢酶活性显著降低,过氧化氢等有毒物质增加。苜蓿地、农田及撂荒地由表层至下层过氧化氢酶呈逐渐降低的趋势;菜园土各层差异不明显;果园土、人工沙棘林过氧化氢酶活性均表现为表层>下层>中层,但果园各层过氧化氢酶活性均比沙棘林高。这是由于果园人为施肥和精细管理提高了土壤酶活性。

2.1.2 对多酚氧化酶活性的影响 多酚氧化酶参加腐殖质组分中芳香族有机化合物的转化,其活性能在一定程度上反映土壤腐殖化进程<sup>[13]</sup>。分析结果表明,多酚氧化酶活性依次为撂荒地>农田>果园>菜园土>苜蓿地、沙棘林。紫花苜蓿、沙棘林的多酚氧化酶活性值最低,自表层到下层呈增加趋势。菜园土和果园土多酚氧化酶活性值较高。农田土壤和农田弃为撂荒地的多酚氧化酶的活性值最高。精细管理和肥料高投入的土壤多酚氧化酶活性自表层到下层较其它利用方式的土壤有提高趋势;农田多酚氧化酶活性自表层到下层虽呈降低趋势,但不明显;菜园土、苜蓿地和果园则由表层至下层逐渐升高;沙棘林以下层为最高,表层次之,中层最低,无一定的规律性。

表 1 不同土地利用方式对土壤酶活性的影响

| 土地利用类型 | 土层深度/<br>cm | mg/g                          |       |   |                            |       |
|--------|-------------|-------------------------------|-------|---|----------------------------|-------|
|        |             | 过氧化氢酶<br>(KMnO <sub>4</sub> ) | 多酚氧化酶 | 转化酶<br>(Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | 脲酶<br>(NH <sub>3</sub> -N) | 碱性磷酸酶 |
| 农田     | 0—20        | 25.65                         | 108.6 | 1.112   | 254.4                      | 490.7 |
|        | 20—40       | 26.11                         | 108.0 | 1.053   | 192.3                      | 471.6 |
|        | 40—60       | 24.31                         | 106.9 | 1.055   | 180.5                      | 336.6 |
| 苜蓿地    | 0—20        | 26.11                         | 43.7  | 0.755   | 177.4                      | 378.0 |
|        | 20—40       | 25.38                         | 42.6  | 0.748   | 112.5                      | 389.5 |
|        | 40—60       | 25.65                         | 50.5  | 0.701   | 76.8                       | 345.5 |
| 撂荒地    | 0—20        | 23.85                         | 120.0 | 0.679   | 117.3                      | 477.3 |
|        | 20—40       | 23.37                         | 110.9 | 0.662   | 90.7                       | 490.7 |
|        | 40—60       | 22.25                         | 110.3 | 0.653   | 92.6                       | 492.6 |
| 菜园土    | 0—20        | 22.53                         | 92.7  | 1.752   | 247.5                      | 538.5 |
|        | 20—40       | 22.68                         | 96.7  | 1.541   | 194.1                      | 494.6 |
|        | 40—60       | 22.37                         | 98.4  | 1.527   | 125.5                      | 453.7 |
| 苹果园    | 0—20        | 25.44                         | 92.6  | 0.771   | 219.6                      | 456.3 |
|        | 20—40       | 23.37                         | 108.6 | 0.706   | 204.2                      | 431.5 |
|        | 40—60       | 24.82                         | 109.8 | 0.699   | 197.6                      | 427.7 |
| 沙棘林    | 0—20        | 23.85                         | 50.0  | 0.702   | 122.1                      | 486.9 |
|        | 20—40       | 22.95                         | 31.2  | 0.684   | 61.6                       | 488.7 |
|        | 40—60       | 23.37                         | 52.8  | 0.663   | 87.4                       | 490.7 |

2.1.3 对脲酶活性的影响 脲酶的酶促反应产物氨是植物氮源之一,它的活性可以用来表示土壤氮素状况。研究表明,精细耕作的农田、菜园土和果园土壤脲酶活性较高,这是因为人为施肥提高了土壤氮素养分。将农田弃置为撂荒地的状况下,脲酶活性显著降低,种植紫花苜蓿表层土壤脲酶活性仅次于耕作土壤,但是显著高于撂荒地和沙棘林,说明紫花苜蓿对提高表层土壤氮素有重要意义。由表层到下层总的变化有降低的趋势。

2.1.4 对磷酸酶活性的影响 磷酸酶可加速有机磷的脱磷速度,积累的磷酸对土壤磷素的有效性具有重要作用。碱性磷酸酶活性依次为菜园土>农田>沙棘林>撂荒地>果园>苜蓿地。菜园土和农田碱性磷酸酶活性高,是因为磷肥施用量高的缘故。苜蓿地碱性磷酸酶活性最低,是因为长期不施磷肥,逐年对磷素消耗所致。

在精细耕作条件下,农田和菜园土比果园土壤碱性磷酸酶活性显著提高,在自然条件下,沙棘林和撂荒地比苜蓿地碱性磷酸酶活性显著提高,精细管理的果园磷酸酶活性显著低于人工沙棘林,这与现有的研究结果相反。农田、菜园土和果园地由表层到下层具有

明显降低的趋势,苜蓿地、沙棘林和撂荒地磷酸酶活性由表层到下层则有增加的趋势。

2.1.5 对转化酶活性的影响 转化酶对增加土壤中易溶性营养物质起着重要的作用。研究表明,精细耕作的菜园土转化酶的活性最高,说明其肥力水平也最高;撂荒地最低,其肥力水平也最低。随土壤层次的加深,不同土地利用方式转化酶活性值均有明显的降低趋势。果园土壤虽进行精细管理,但是与紫花苜蓿、沙棘林土壤转化酶活性差异不明显,是由于果园土壤人为扰动较少,故三者转化酶活性值相似。

## 2.2 土地利用变化对土壤养分的影响

表 2 结果表明,不同土地利用方式养分总体含量菜园土>农田>果园>苜蓿地>沙棘林>撂荒地。以菜园土为最高,撂荒地为最低。以有机质、全氮变化最为明显,各种土地类型自表层至下层均有明显的降低趋势,其中菜园土降低幅度最大,说明菜园人为施肥主要集中在表层,淋溶作用不强;其次为撂荒地,说明撂荒后无肥料投入,土壤养分急剧消耗,使地力明显下降;农田变化幅度最小,其它下降幅度不大。精细耕作的土壤,土壤养分含量随投入量的增大而增加,农田撂荒则土壤养分显著下降,种植苜蓿则可维

持并提高肥力,营造人工林也可提高土壤有机质。菜园土、农田、果园和撂荒地碱解氮含量由表层至下层呈明显下降趋势。苜蓿地变化无规律性。沙棘林土壤则由表层至下层呈明显上升趋势,可能由于淋溶作

用所致。土壤速效磷含量仍以菜园土为最高,果园土次之,撂荒地最低。苜蓿地和沙棘林土壤高于农田是因为其庞大的根系及其分泌物促进了各种形态的磷有效化。土壤速效钾含量与有机质相似。

表2 土地利用变化对土壤养分的影响

| 土地利用类型 | 土层深度/<br>cm | 有机质/<br>(g · kg <sup>-1</sup> ) | 全氮/<br>(g · kg <sup>-1</sup> ) | 碱解氮/<br>(mg · kg <sup>-1</sup> ) | 速效磷/<br>(mg · kg <sup>-1</sup> ) | 速效钾/<br>(mg · kg <sup>-1</sup> ) |
|--------|-------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 农田     | 0—20        | 10.51                           | 1.02                           | 78.29                            | 18.07                            | 182.69                           |
|        | 20—40       | 10.28                           | 0.99                           | 45.46                            | 18.63                            | 152.67                           |
|        | 40—60       | 10.16                           | 0.91                           | 53.64                            | 4.07                             | 152.45                           |
| 苜蓿地    | 0—20        | 9.54                            | 0.93                           | 39.06                            | 26.84                            | 172.17                           |
|        | 20—40       | 8.38                            | 0.84                           | 47.28                            | 20.66                            | 131.63                           |
|        | 40—60       | 8.17                            | 0.75                           | 22.75                            | 23.74                            | 152.81                           |
| 撂荒地    | 0—20        | 9.44                            | 0.85                           | 41.07                            | 6.98                             | 161.85                           |
|        | 20—40       | 7.30                            | 0.68                           | 32.95                            | 9.44                             | 91.31                            |
|        | 40—60       | 4.81                            | 0.48                           | 23.85                            | 9.84                             | 81.15                            |
| 菜园土    | 0—20        | 15.20                           | 1.32                           | 132.09                           | 123.32                           | 328.67                           |
|        | 20—40       | 10.87                           | 1.10                           | 76.26                            | 65.79                            | 294.45                           |
|        | 40—60       | 9.49                            | 0.85                           | 49.65                            | 26.60                            | 183.43                           |
| 苹果园    | 0—20        | 10.93                           | 1.12                           | 79.64                            | 33.71                            | 273.64                           |
|        | 20—40       | 10.22                           | 1.01                           | 65.27                            | 26.77                            | 233.12                           |
|        | 40—60       | 9.11                            | 0.87                           | 50.86                            | 24.26                            | 222.74                           |
| 沙棘林    | 0—20        | 8.50                            | 0.82                           | 32.90                            | 17.93                            | 136.74                           |
|        | 20—40       | 7.88                            | 0.70                           | 37.12                            | 23.98                            | 101.60                           |
|        | 40—60       | 7.70                            | 0.66                           | 39.02                            | 20.94                            | 96.11                            |

### 2.3 土壤养分与土壤酶活性的相关性分析

为探讨不同土地利用类型条件下土壤养分因子与土壤酶活性之间的关系,以土壤中有有机质含量( $x_1$ )、全氮含量( $x_2$ )、碱解氮含量( $x_3$ )、速效磷含量( $x_4$ )、速效钾含量( $x_5$ )为自变量,以土壤中过氧化氢酶( $y_1$ )、多酚氧化酶( $y_2$ )、转化酶( $y_3$ )、脲酶( $y_4$ )、磷酸酶( $y_5$ )活性为因变量进行逐步回归分析。

分析结果表明,农田土壤养分与过氧化氢酶活性呈正相关,其中仅以速效磷与过氧化氢酶活性呈极显著的正相关;撂荒地土壤有机质、全氮和碱解氮与过氧化氢酶活性呈极显著的正相关,速效磷与过氧化氢酶活性呈显著的负相关;苜蓿地有机质、速效磷、速效钾与过氧化氢酶活性呈显著或极显著的正相关;沙棘林土壤速效磷与其呈极显著的负相关,速效钾与其呈显著的正相关;日光温室菜园地与其呈不显著的正相关或负相关,果园土全氮与其呈显著的正相关之外,其它养分与其均呈不显著的正相关。农田土壤全氮、有机质和速效磷与多酚氧化酶活性呈极显著的正相关;苜蓿地土壤碱解氮与其呈极显著的正相关;撂荒

地有机质、全氮和速效钾与其呈显著或极显著的正相关;菜园土各养分与其均呈显著或极显著的负相关;果园有机质、全氮、速效钾与其呈极显著的正相关,碱解氮与其呈显著的负相关;沙棘林全氮与多酚氧化酶活性呈极显著的负相关。农田土壤有机质、碱解氮和速效钾与转化酶活性呈极显著的正相关;苜蓿地土壤全氮、碱解氮与其呈极显著和显著的正相关;撂荒地速效磷与其呈极显著的负相关,其它养分与其均呈极显著的正相关;菜园土除速效钾与其呈不显著的正相关以外,其它养分与其均呈极显著的正相关;果园土速效磷、速效钾和全氮、碱解氮与其呈极显著和显著的正相关;沙棘林土壤碱解氮与其呈极显著的负相关,有机质、全氮和速效钾与其呈极显著和显著的正相关。

农田土壤有机质、碱解氮、速效钾,苜蓿地有机质、全氮,菜园地、果园所有养分与脲酶活性呈极显著的正相关;撂荒地、沙棘林速效磷与其呈极显著的负相关,撂荒地碱解氮和速效钾与其呈显著和极显著的正相关,沙棘林速效磷与其呈显著的正相关。农田全

氮、速效磷,苜蓿地碱解氮,撂荒地速效磷,菜园土全氮,果园土有机质、碱解氮、速效磷、速效钾,沙棘林碱解氮与碱性磷酸酶活性呈极显著的正相关;农田有机

质、果园全氮与其呈显著的正相关;撂荒地有机质、全氮、碱解氮、速效磷,沙棘林有机质、全氮、速效磷与碱性磷酸酶活性呈极显著或显著的负相关(表 3)。

表 3 土壤酶活性与土壤养分含量之间的相关系数

| 土壤利用类型 | 项 目   | 有机质        | 全 氮        | 碱解氮        | 速效磷        | 速效钾        |
|--------|-------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 农 田    | 过氧化氢酶 | 0.580 3    | 0.580 4    | 0.033 4    | 0.977 1**  | 0.277 7    |
|        | 多酚氧化酶 | 0.932 4**  | 0.997 7**  | 0.577 3    | 0.933 2**  | 0.508 8    |
|        | 转化酶   | 0.930 9**  | 0.689 4    | 0.978 9**  | 0.443 8    | 0.999 3**  |
|        | 脲 酶   | 0.981 0**  | 0.807 4    | 0.924 6**  | 0.596 2    | 0.989 8**  |
|        | 磷酸酶   | 0.837 6*   | 0.988 3**  | 0.385 6    | 0.989 1**  | 0.600 3    |
| 苜蓿地    | 氧化氢酶  | 0.869 1*   | -0.185 2   | -0.185 2   | 0.989 2**  | 0.984 7**  |
|        | 多酚氧化酶 | -0.508 7   | -0.794 6   | -0.979 5** | 0.130 4    | 0.157 9    |
|        | 转化酶   | 0.707 4    | 0.919 4**  | 0.898 2*   | 0.121 0    | 0.093 4    |
|        | 脲 酶   | 0.977 0**  | 0.987 4**  | 0.519 0    | 0.637 6    | 0.621 4    |
|        | 磷酸酶   | 0.400 1    | 0.712 1    | 0.996 7**  | -0.250 2   | -0.277 0   |
| 撂荒地    | 过氧化氢酶 | 0.983 2**  | 0.983 8**  | 0.981 2**  | -0.813 2*  | 0.805 2    |
|        | 多酚氧化酶 | 0.870 1*   | 0.870 2*   | -0.089 7   | -0.997 2** | 0.998 2**  |
|        | 转化酶   | 0.976 0**  | 0.975 3**  | 0.978 3**  | -0.976 3** | 0.973 2**  |
|        | 脲 酶   | 0.807 2    | 0.805 4    | 0.813 6*   | -0.981 3** | 0.983 9**  |
|        | 磷酸酶   | -0.899 1*  | -0.897 7*  | -0.906 6** | 0.999 8**  | -0.999 9** |
| 菜园地    | 过氧化氢酶 | 0.249 6    | 0.527 0    | -0.253 1   | 0.419 8    | 0.743 6    |
|        | 多酚氧化酶 | -0.997 7** | -0.965 0** | -0.999 8** | -0.993 7** | -0.869 1*  |
|        | 转化酶   | 0.984 2**  | 0.875 2*   | 0.964 8**  | 0.936 2**  | 0.721 8    |
|        | 脲 酶   | 0.935 3**  | 0.999 4**  | 0.962 3**  | 0.983 7**  | 0.974 9**  |
|        | 磷酸酶   | 0.039 6    | 0.998 4**  | -0.048 4   | -0.140 7   | -0.519 7   |
| 果 园    | 过氧化氢酶 | 0.169 1    | 0.877 1*   | 0.291 0    | 0.531 5    | 0.585 5    |
|        | 多酚氧化酶 | -0.930 8** | -0.862 7*  | -0.893 9*  | -0.090 0   | -0.991 0** |
|        | 转化酶   | 0.782 9    | 0.875 4*   | 0.906 3*   | 0.985 4**  | 0.994 4**  |
|        | 脲 酶   | 0.938 3**  | 0.956 5**  | 0.974 2**  | 0.999 3**  | 0.994 7**  |
|        | 磷酸酶   | 0.964 2**  | 0.891 5*   | 0.920 3**  | 0.990 7**  | 0.997 4**  |
| 沙棘林    | 过氧化氢酶 | 0.764 0    | 0.746 7    | -0.701 5   | -0.999 1** | 0.819 7*   |
|        | 多酚氧化酶 | -0.303 4   | -0.974 6** | -0.093 8   | -0.800 8   | 0.116 1    |
|        | 转化酶   | 0.938 7**  | 0.947 5**  | -0.966 4** | -0.458 5   | 0.903 4*   |
|        | 脲 酶   | 0.793 0    | 0.776 7    | -0.733 7   | -0.996 2** | 0.845 3*   |
|        | 磷酸酶   | -0.943 5** | -0.951 9** | 0.969 9**  | 0.470 9    | -0.909 3*  |

注:  $r_{0.05}=0.811, r_{0.01}=0.917, n=6$ ; \* 显著相关, \*\* 极显著相关。

以上分析表明,土地利用变化时土壤养分对土壤酶活性的影响均有不同。撂荒地各养分对过氧化氢酶活性影响较为明显,其它利用类型以农田、苜蓿地速效磷与过氧化氢酶活性呈显著的正相关,而以沙棘林速效磷与其呈极显著的负相关,撂荒地、菜园土、果园土速效磷对过氧化氢酶活性无显著的相关性。菜园土、果园土各养分对过氧化氢酶活性均无影响,农田养分除速效磷之外,其它养分对过氧化氢酶活性也无影响,说明不能用过氧化氢酶活性表征人为精细耕作的土壤肥力状况。对自然土壤来说,可用过氧化氢酶活性表征人工草地苜蓿地的速效磷、速效钾,撂荒地的有机质、全氮和碱解氮的肥力状况。对沙棘林,

过氧化氢酶活性越低则速效磷含量越高。

分析表明,农田土壤有机质、全氮与多酚氧化酶活性呈极显著的正相关,说明可用多酚氧化酶活性表征农田腐殖化进程,而菜园土、果园土有机质、全氮与多酚氧化酶活性则呈极显著的负相关,与有关报道结论相似,故多酚氧化酶活性也可表征菜园土、果园土有机质和全氮的肥力状况,但只是与腐殖质转化进程呈负相关关系。受人为干扰较少的自然土壤,多酚氧化酶活性不能统一表征其腐殖质转化状况。

土地利用变化的土壤养分对转化酶活性的影响最大。转化酶活性可以表征农田、菜园土、果园、苜蓿地、撂荒地碱解氮的正向转化进程和人工沙棘林碱解

氮的负向转化进程,特别是可以全面地表征撂荒地的肥力状况,即可表征速效磷的负向转化进程及其它养分的正向转化进程。除人工沙棘林之外,脲酶活性可以表征土壤的氮素正向转化进程,特别可表征果园地、菜园土的全氮、碱解氮和有机质的肥力状况。磷酸酶活性可以表征果园土、农田和撂荒地的速效磷正向转化状况,不能表征其它土地利用类型的磷素转化状况。

### 3 小结

(1) 不同土壤酶其功能各异,对不同土地利用方式的土壤影响也不同。多酚氧化酶和磷酸酶活性自表层至下层有增加的趋势。对各种土地利用方式不同土层土壤酶活性比较发现,过氧化氢酶、转化酶和脲酶活性自表层至下层有降低的趋势;紫花苜蓿土壤最为明显,其过氧化氢酶活性为最高,多酚氧化酶、磷酸酶活性为最低,脲酶活性与相同条件下的撂荒地、人工沙棘林比较为最高,说明种植紫花苜蓿可显著提高土壤肥力水平和土壤质量。由各种酶活性比较认为撂荒地土壤肥力水平有下降的趋势,对精细耕作与自然生态比较,精细耕作的菜园土土壤转化酶、脲酶、磷酸酶活性较高。

(2) 土地利用变化土壤养分对土壤酶活性的影响均有不同。不能用过氧化氢酶活性表征人为精细耕作的土壤肥力状况。对自然土壤来说,可用过氧化氢酶活性表征人工草地苜蓿地的速效磷、速效钾,撂荒地的有机质、全氮和碱解氮的正向转化状况及肥力水平。对沙棘林,过氧化氢酶活性可表征速效磷负向转化进程。可用多酚氧化酶活性表征农田土壤有机质、全氮正向转化进程,可表征菜园土、果园土有机质、全氮负向转化进程。受人为干扰较少的自然土壤,多酚氧化酶活性不能统一表征其腐殖质转化状况。土地利用变化的土壤养分对转化酶活性的影响最大,转化酶活性可以表征农田、菜园土、果园、苜蓿地、撂荒地的碱解氮的正向转化进程和人工沙棘林碱解氮的负向转化进程,特别是可以全面地表征撂荒地

速效磷的负向转化进程及其它养分的正向转化进程。除人工沙棘林之外,脲酶活性可以表征土壤的氮素正向转化进程,特别可表征果园地、菜园土的全氮、碱解氮和有机质的肥力状况。磷酸酶活性可以表征果园土、农田和撂荒地的速效磷正向转化状况,不能表征其它土地利用类型的磷素转化状况。分析结果进一步说明,用土壤酶活性可以评价土壤肥力水平和土壤质量,可以用来作为土壤肥力的指标,但不同土地利用类型应用不同的酶活性表征其土壤养分状况和转化进程。不能用同一种酶活性表征所有土地利用类型的土壤肥力水平。

#### [参 考 文 献]

- [1] 杨万勤,王开运,森林土壤酶的研究进展[J]. 林业科学, 2004, 40(2):152—159.
- [2] 周礼恺. 土壤的酶活性[J]. 土壤学进展, 1980, 8(4):9—15.
- [3] 严昶升. 土壤肥力研究方法[M]. 北京:农业出版社, 1988.
- [4] 关松荫,张德生,张志明. 土壤酶及其研究方法[M]. 北京:农业出版社, 1986.
- [5] 徐福利,梁银丽,张成娥,等. 施肥对日光温室黄瓜生长和土壤生物学特性的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(7):1127—1230.
- [6] 樊军,郝明德,黄土高原旱地轮作与施肥生长期定位试验研究Ⅱ. 土壤酶活性与土壤肥力[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(2):146—150.
- [7] 万忠梅,吴景贵. 土壤酶活性影响因子研究进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005, 33(6):87—92.
- [8] 和文祥,来航线,武志军,培肥对土壤酶活性影响的研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版) 2001, 27(3):265—268.
- [9] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京:科学出版社, 1987.
- [10] 中国科学院土壤研究所,土壤理化分析[M]. 上海:上海科学出版社, 1978.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京:中国农业出版社, 2002:301—320.
- [12] 陈华癸,樊庆笙. 微生物学[M]. 北京:农业出版社, 1980.