

# 禾本科牧草间作对砒砂岩与沙复配土壤养分与酶活性影响

王 健<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup>陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

<sup>2</sup>陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

<sup>3</sup>自然资源部退化及未利用土地整治重点实验室, 陕西 西安

<sup>4</sup>陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

Email: WangJian\_soil@163.com

收稿日期: 2020年10月21日; 录用日期: 2020年11月11日; 发布日期: 2020年11月18日

## 摘 要

土壤酶活性大小是土壤肥力的重要标志之一, 在土壤的物质循环和能量转化过程中起着重要作用。在以往的研究中, 许多学者侧重于研究砒砂岩与沙复配成“土”的土壤性质以及地上植物的生长状况及产量, 但对于间作体系下土壤酶活性和养分及其之间关系研究较少。本文研究不同种植模式对砒砂岩与沙复配土壤的养分与酶活性影响, 研究发现土壤过氧化氢酶以及土壤磷酸酶受作物种植模式影响不显著, 土壤过氧化氢酶活性受土壤复配比例影响较大, 砒砂岩添加增加了土壤过氧化氢酶活性, 但对土壤磷酸酶活性影响不显著。

## 关键词

复配土, 植物, 酶活性

# Effects of Intercropping of Gramineous Forages on Soil Nutrients and Enzyme Activities of Arsenic Sandstone and Sand

Jian Wang<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup>Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

<sup>2</sup>Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

<sup>3</sup>Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, The Ministry of Nature and Resources, Xi'an Shaanxi

<sup>4</sup>Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi  
Email: WangJian\_soil@163.com

Received: Oct. 21<sup>st</sup>, 2020; accepted: Nov. 11<sup>th</sup>, 2020; published: Nov. 18<sup>th</sup>, 2020

## Abstract

Soil enzyme activity is one of the important signs of soil fertility, and it plays an important role in the process of soil material circulation and energy conversion. In previous studies, many scholars focused on studying the soil properties of the "soil" formed by the combination of arsenic sandstone and sand, as well as the growth status and yield of the above-ground plants. This paper studies the effects of different planting patterns on the nutrient and enzyme activity of the soil mixed with arsenic sandstone and sand. The study found that soil catalase and soil phosphatase are not significantly affected by crop planting patterns, and soil catalase activity is affected by the proportion of soil composition obviously. The addition of arsenic sandstone increases the activity of soil catalase, but has no significant effect on the activity of soil phosphatase.

## Keywords

Compound Soil, Plant, Enzyme Activity

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

砒砂岩与沙在合适比例下复配形成的“土壤”既有效保留了砒砂岩良好的保水、持水能力，又在沙粒分散间隔作用下，增大了孔隙度，避免了土壤板结，有利于形成保水、保肥的土壤层[1]。根据以往的研究表明，砒砂岩与沙复配土壤有机质处于急缺水平，全氮、速效磷和速效钾属中等偏下水平[2]。在风沙土中添加砒砂岩可增加土壤铵态氮含量，减少硝态氮和速效磷含量[3]。按照 1:1、1:2 和 1:5 共 3 种不同的比例，将砒砂岩与沙复配，种植一季冬小麦后土壤养分含量除有效磷外，全氮、速效钾及有机质均处于极低水平[4]，说明砒砂岩与沙复配土壤养分欠缺，生物长势差，需要快速提高土壤肥力。土壤酶活性大小是土壤肥力的重要标志之一，是蛋白质性质的生物催化剂，催化土壤中的一切生物化学反应，在土壤的物质循环和能量转化过程中起着重要作用。

苜蓿是豆科植物，黑麦草是禾本科植物，二者均属于常见牧草，对其采用不同的种植模式对土壤养分和酶活性均产生一定影响。屠娟丽等研究发现在桃园套种苜蓿和黑麦草可增加土壤有机碳含量和土壤结构的稳定性，提高和改善了土壤孔隙的均匀性及连通性，可降低土壤侵蚀风险和减少养分流失，显著提高了桃园土壤脲酶、蔗糖酶、酸性磷酸酶、过氧化氢酶活性[5]。在雪青梨树行间种植苜蓿和黑麦草，可以增加土壤有机质和养分的含量，过氧化氢酶与土壤全磷含量呈显著负相关，与土壤全钾含量呈极显著正相关，脲酶、过氧化氢酶和多酚氧化酶活性与土壤全氮的含量具显著正相关性[6]。添加砒砂岩可增加风沙土对磷的吸附量，有利于磷的吸附与固定，改善土壤磷素的供应，有利于植物对磷素的吸收[3]。适宜的水肥管理方式下，添加砒砂岩可提高黑麦草的生物量，增加黑麦草对氮、磷的吸收。风沙土中添

加砒砂岩增加了黑麦草根生物量和总生物量[7], 说明在砒砂岩与沙复配的土壤有利于黑麦草的生长。豆科与禾本科植物间作是比较常见的一种间作方式, 苜蓿的根瘤能够固定空气中的游离态氮, 能增加土壤有机质与氮素的含量, 可以向黑麦草转移氮素, 并且促进其对磷素的吸收, 植物间作可以充分利用不同植物的生理特性及相生相克原理, 促进植物协同生长, 提高土地利用率和促进植物高产[8]。植物根系分泌酶释放到土壤中, 早在 1919 年 Knudson 等研究人员提出植物根系能分泌淀粉酶的理论。随着研究工作的深入, 越来越多的酶类被发现, 其中包括过氧化氢酶、酚氧化酶、冬氨酶、脲酶、天冬氨酶、蛋白酶、脂肪酶、蔗糖酶、淀粉酶和纤维素酶等[9]。

在以往的研究中, 许多学者侧重于研究砒砂岩与沙复配成“土”的土壤性质以及地上植物的生长状况及产量, 但对于间作体系下土壤酶活性和养分及其之间关系研究较少, 据此, 本研究基于寻求快速提升砒砂岩与沙复配土生物质量的目标与措施, 设置 3 种植模式作为主处理, 不同砒砂岩与沙复配比例作为副处理, 采用裂区试验设计方案, 研究不同种植模式对砒砂岩与沙复配土壤的养分与酶活性影响, 采取合理的生物技术手段, 构建一个稳定的生物循环系统是实现“土体有机重构”的重要任务。

## 2. 实验设计及方法

### 2.1. 实验设计

采用裂区设计方法, 实验设置如下 12 个处理, 每个处理 3 次重复, 共计 36 盆。采用室内环境条件控制下(温室光强为  $120 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , 昼夜交替时间为 16 h/8 h, 昼夜交替温差为  $22^\circ\text{C}/15^\circ\text{C}$ )的土培盆栽试验, 砒砂岩, 沙, 供试砒砂岩样品、沙样品采自均采自毛乌素沙地榆林市榆阳区。苜蓿和黑麦草种子各 1 包, 塑料盆中(D = 34 cm, H = 23 cm) 36 个, 复合肥, 喷壶、天平、土钻、镰刀等。

将采集的砒砂岩与沙土轻轻拍碎, 过 5 cm 筛孔, 分别按照体积比 1:1、1:2、1:5 和 0:1 混合, 预装土  $9.8 \text{ kg}$ , 容重处理设定在  $1.45 \text{ g/cm}^3$  左右, 在每个土样中混入等量复合肥, 所有盆栽均采用一次性基施化肥, 将化肥和土拌匀后, 装入塑料盆栽, 每盆施肥量分别为: 尿素: 5 g; 磷酸二胺: 3 g; 硫酸钾: 3 g。浇水至田间持水量(约 20%), 阴凉处放置 48 h。

挑选大小均匀、籽粒饱满的供试植物种子, 用去离子水浸泡 4 h, 将挑选出来的 20 粒种子整齐地平铺在盆栽土壤上, 再平铺上 0.2 kg 过筛的土壤。在温室中培养, 等待萌芽。发芽后记载出苗期及出苗率。

待种子发芽出苗后, 待 10 天生长, 盆栽间苗确保每盆有 10 株植物, 其中间作处理黑麦草苜蓿各保留 5 株。作物生长期间, 每天称重法补水以维持土壤水分为田间最大持水量的 60%到田间持水量之间。

### 2.2. 试验方法

在植物生长的第 70 天左右, 测定苜蓿和黑麦草的株高和叶绿素(SPAD 502)。在植物生长的第 75 天后每盆选取 6 株植株, 取约 1.5 g 叶片, 同时将盆栽中的新鲜土壤过筛后装入自封袋进行编号, 放入  $4^\circ\text{C}$  冰箱保存备用, 另将其余土样进行风干研磨备用。检测分析种植前和收获后土壤养分(活性有机碳、硝态氮、铵态氮、有效磷、速效钾)含量及土壤酶(脲酶、磷酸酶、转化酶)。

### 2.3. 数据处理

首先, 采用 Microsoft Excel 2007 软件整理数据, 并对所有数据进行正态分布检验。其次, 用 one-way ANOVA 分析对不同土层处理进行差异性检验, 并运用 HSD 法进行不同处理间的多重比较。最后, 采用 R 语言对不同处理间酶活性进行作图。

### 3. 结果与分析

#### 3.1. 不同种植模式下土壤理化性质差异

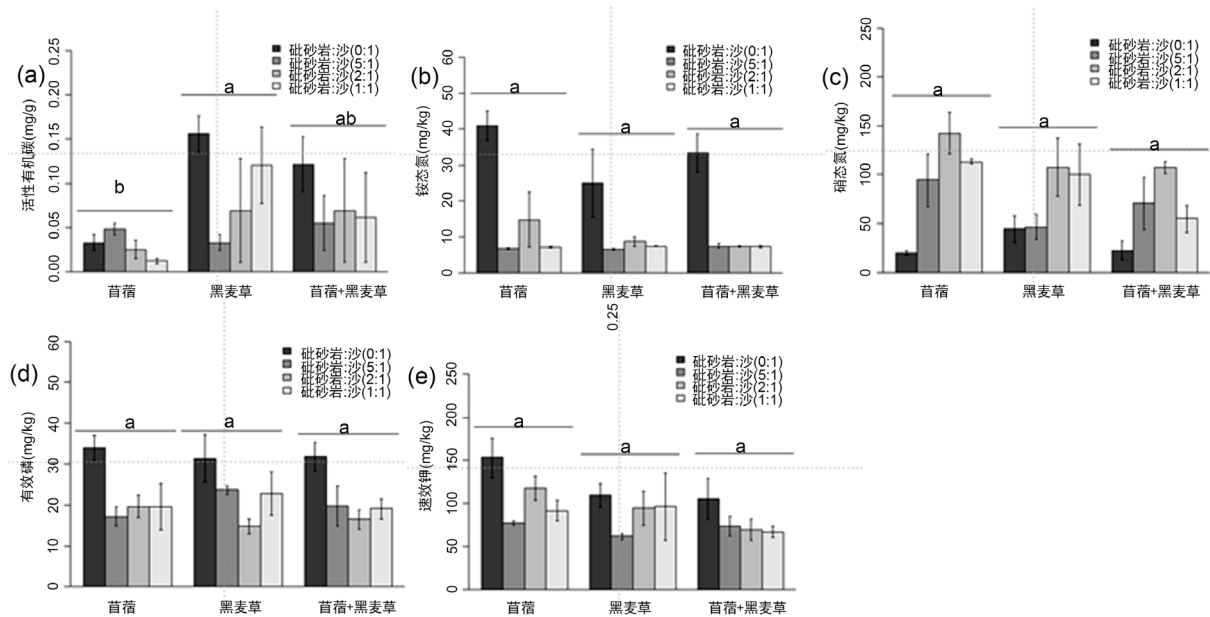
由表 1 可知, 不同作物种植模式对土壤铵态氮、硝态氮、有效磷及速效钾的影响均没达到显著水平 ( $P > 0.05$ ); 然而, 土壤活性有机碳在不同作物种植模式下差异显著, 由图 1 可以看出, 土壤活性有机碳在宿主植物为禾本科黑麦草或者禾本科(黑麦草)和豆科(苜蓿)互动时的含量要显著高于宿主植物为豆科植物苜蓿时。此外, 由图 1 还可以看出, 尽管土壤理化性质在不同砒砂岩复配比例下没有明显的规律, 但除硝态氮外, 土壤活性有机碳、铵态氮、有效磷以及速效钾的含量均呈现出在砒砂岩与沙复配后含量降低的趋势。

**Table 1.** Variance analysis of soil physical and chemical properties under different planting modes

**表 1.** 不同种植模式下土壤理化性质方差分析

不同处理	活性有机碳	铵态氮	硝态氮	有效磷	速效钾
种植模式(F)	*	ns	ns	ns	ns
复配比例(M)	ns	***	***	***	*
F*M	ns	ns	ns	ns	ns

注: 不同字母代表组间差异显著;  $P$ : 单因素方差分析结果, \*:  $P < 0.05$ ; \*\*:  $P < 0.01$ ; \*\*\*:  $P < 0.001$ ; ns:  $P > 0.05$ 。



注: 不同字母代表组间差异显著;  $P$ : 单因素方差分析结果, \*:  $P < 0.05$ ; \*\*:  $P < 0.01$ ; \*\*\*:  $P < 0.001$ ; ns:  $P > 0.05$ 。

**Figure 1.** Analysis of differences in soil physical and chemical properties under different planting modes

**图 1.** 不同种植模式下土壤理化性质差异性分析

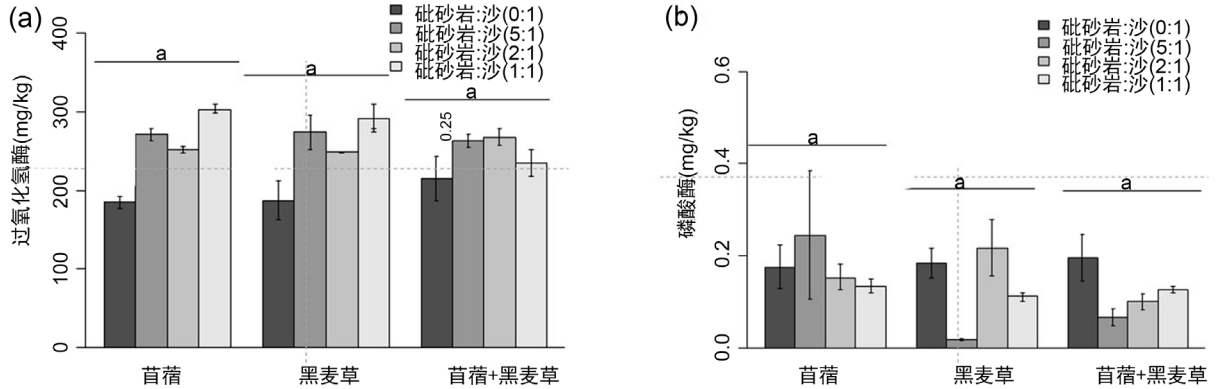
#### 3.2. 不同种植模式下土壤酶活性差异

由表 2 可知, 不同作物种植模式对土壤酶活性的影响均没达到显著水平 ( $P > 0.05$ )。砒砂岩与沙复配比例显著影响了土壤过氧化氢酶活性, 由图 2 可以看出, 纯沙土的土壤过氧化氢酶活性显著低于砒砂岩复配后的土壤过氧化氢酶活性。

**Table 2.** Variance analysis of soil enzyme activity under different planting patterns  
**表 2.** 不同种植模式下土壤酶活性方差分析

不同处理	过氧化氢酶	磷酸酶
种植模式(F)	ns	ns
复配比例(M)	***	ns
F*M	ns	ns

注: P: 单因素方差分析结果, \*:  $P < 0.05$ ; \*\*:  $P < 0.01$ ; \*\*\*:  $P < 0.001$ ; ns:  $P > 0.05$ 。

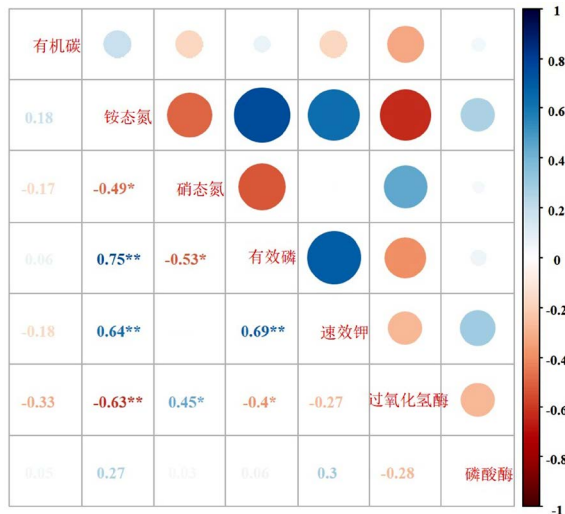


注: 不同字母代表组间差异显著; P: 单因素方差分析结果, \*:  $P < 0.05$ ; \*\*:  $P < 0.01$ ; \*\*\*:  $P < 0.001$ ; ns:  $P > 0.05$ 。

**Figure 2.** Difference analysis of soil enzyme activity under different planting modes  
**图 2.** 不同种植模式下土壤酶活性差异性分析

### 3.3. 土壤养分与土壤酶活性相关性分析

由图 3 可以看出, 土壤过氧化氢酶活性与土壤铵态氮、有效磷呈显著负相关, 而与土壤硝态氮呈显著正相关, 此外, 土壤过氧化氢酶活性还与土壤活性有机碳以及速效钾呈负相关, 但相关性不强。土壤磷酸酶与铵态氮以及速效钾呈负相关。



注: P: 单因素方差分析结果, \*:  $P < 0.05$ ; \*\*:  $P < 0.01$ ; \*\*\*:  $P < 0.001$ ; ns:  $P > 0.05$ 。

**Figure 3.** Correlation analysis of soil nutrients and soil enzyme activity  
**图 3.** 土壤养分与土壤酶活性相关性分析

## 4. 结论

通过对不同处理下(种植模式 \* 砒砂岩与沙复配比例)的土壤理化以及土壤酶活性进行分析比较,发现土壤理化性质在不同处理下规律性不强。总的来说,单种黑麦草、黑麦草和苜蓿混种土壤有机碳含量要高于单种苜蓿。此外,砒砂岩添加增加了土壤硝态氮含量,降低了土壤活性有机碳、铵态氮、有效磷以及速效钾的含量。土壤过氧化氢酶以及土壤磷酸酶受作物种植模式影响不显著,土壤过氧化氢酶活性受土壤复配比例影响较大,砒砂岩添加增加了土壤过氧化氢酶活性,但对土壤磷酸酶活性影响不显著。土壤过氧化氢酶活性与土壤铵态氮、有效磷呈显著负相关;土壤磷酸酶与铵态氮以及速效钾呈负相关。

由以上得出的结论土壤理化和酶活性差异性不强,相关性不高。分析原因可能有二,首先,温室实验不能很好地模拟野外真实的生境,可能造成相关指标差异性不强;其次,温室盆栽实验周期较短(植物生长周期为4个月)也可能是造成差异性不显著的原因之一。未来的研究会在此实验基础上设计野外原位监测实验,来更好地研究豆科—禾本科牧草间作对砒砂岩与沙复配土壤养分与酶活性影响。

## 基金项目

基于土地整治工程新增耕地的土壤有机碳稳定性研究(2019-JC07)。

## 参考文献

- [1] 李娟, 韩霁昌, 李晓明. 砒砂岩与沙复配成土对小麦光合生理和产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2014, 34(2): 203-209.
- [2] 韩霁昌, 罗林涛, 付佩, 等. 榆林市榆阳区土地整治土壤肥力状况及培肥调控措施研究[J]. 陕西农业科学, 2013, 59(2): 117-120.
- [3] 摄晓燕. 砒砂岩风化物改良风沙土的水肥过程及其生物响应[D]: [博士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2016.
- [4] 魏样, 张扬, 王欢元, 等. 不同比例砒砂岩与沙复配对作物产量及土壤性质的影响[J]. 西部大开发(土地开发工程研究), 2016(1): 37-42.
- [5] 屠娟丽, 费伟英, 张彩平. 生草栽培对桃园土壤结构特征及酶活性的影响[J]. 中国南方果树, 2016, 45(2): 134-137.
- [6] 赵明新. 梨园生草效应研究[D]: [硕士学位论文]. 保定: 河北农业大学, 2010.
- [7] 马文梅. 砒砂岩风化物改良土壤水分入渗过程及黑麦草效应研究[D]: [博士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2016.
- [8] 张孝存, 郑粉莉, 安娟, 等. 黑土区坡耕地土壤酶活性与土壤养分关系研究[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(11): 106-110.
- [9] 南丽丽, 郁继华, 郭全恩, 等. 苜蓿不同种植年限对土壤化学性状及酶活性的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(10): 100-105.