

玉米旱作栽培条件下不同秸秆覆盖量 对土壤酶活性的影响

李 倩, 张 睿, 贾志宽

(西北农林科技大学干旱半干旱地区农业研究中心, 农业部旱地作物生产与生态重点开放实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 通过玉米旱作栽培条件下秸秆覆盖栽培定位试验, 研究了不同秸秆覆盖量对土壤酶活性的影响。结果表明: 秸秆覆盖可使土壤酶活性增加, 蔗糖酶和碱性磷酸酶活性在 9 000 kg/hm² 覆盖量下达到最高, 在 0~20 cm 层蔗糖酶和碱性磷酸酶活性分别比对照(覆盖量 0 kg/hm²)增加 46.9% 和 9.0%, 脲酶活性在 13 500 kg/hm² 覆盖量下最高, 且在 0~20 cm 层脲酶活性较对照增加了 3.9 倍; 脲酶、蔗糖酶和过氧化氢酶活性均随土层的加深而降低, 而碱性磷酸酶活性各层间差异不显著。

关键词: 春玉米; 秸秆覆盖; 土壤酶活性

中图分类号: S513.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)04-0152-03

在我国北方大多数地区, 天气干燥, 多风少雨, 土壤蒸发强烈, 年降雨量偏少, 且 60% 以上的降雨量集中在 6~9 月, 并且多以暴雨出现, 农业生产中覆盖栽培技术得到广泛示范与推广。研究表明, 秸秆覆盖能有效降低土壤裸间蒸发, 可减少作物前期耗水, 增加土壤有机质含量及非侵蚀性团粒, 改进土壤渗水性, 明显减少风蚀, 是作物生产中节水保墒、提高水分利用效率的有效措施^[1~5]。

土壤酶作为土壤的组成部分, 参与土壤中的各种生物化学过程。土壤酶活性是土壤生物活性的总体现, 它不仅与作物产量及土壤管理措施之间有一定关系, 且在一定程度上反映了土壤的综合肥力特征及土壤养分转化进程^[6]。近年来, 关于土壤酶学的研究发展较快, 主要集中于不同土类和不同肥力水平土壤的酶活性、施用有机肥和无机肥对酶活性的影响及免耕覆盖后土壤酶活性的变化等方面^[7~10]。有关不同秸秆覆盖量对土壤酶活性影响的研究鲜有报道。本试验通过研究不同秸秆覆盖量处理对土壤酶活性的影响, 试图探索秸秆覆盖措施的土壤酶学效应, 并为旱地玉米秸秆覆盖栽培技术的完善提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试区概况

试验于 2007 年 3~10 月在陕西省合阳县甘井镇西北农林科技大学旱作试验站进行。该地海拔

910 m, 位于北纬 34°10'~36°20', 东经 106°20'~110°40', 当地光热资源较为充足, 年平均温度为 10.5℃, 年太阳辐射量 548.94 × 10³ J/cm²; 年日照时数 2 528.3h, 日照百分率 57%; 极端高温 40.1℃, 极端低温 -20.1℃; ≥0℃积温 3 100℃~4 000℃, 持续 240 d; ≥10℃积温 2 400℃~3 400℃, 持续 169 d; ≥20℃积温 1 700℃~2 000℃, 持续 54 d; 初霜期 9 月底~10 月初; 终霜期 4 月初~5 月初; 无霜期 169~180 d; 年降雨量 500~700 mm, 主要集中在 7、8、9 三个月, 气候干旱, 年蒸发量 1 832.8 mm, 为半湿润易旱区。土壤为红壤土, 中性偏碱, pH8.4。

1.2 试验设置

试验采用玉米整秆播后覆盖, 共设 4 个处理, 秸秆覆盖量分别为 13 500 kg/hm² (处理 I)、9 000 kg/hm² (处理 II)、4 500 kg/hm² (处理 III)、0 kg/hm² (处理 IV, 即 CK)。各处理 3 次重复, 随机区组排列, 小区面积 22.68 m²。玉米品种为豫玉 22, 于 2007 年 4 月 28 日播种, 播种密度 49 500 株/hm²; 播种前基施尿素 300 kg/hm²、磷酸二铵 150 kg/hm²、硫酸钾 150 kg/hm², 2007 年 10 月 14 日成熟收获。

1.3 样品采集与测定方法

1.3.1 土样采集 2007 年 10 月玉米成熟收获后, 用土钻在 0~60 cm 土层取样, 每 20 cm 取一个样。每个处理采用 S 型多点取样法进行。剔除石块、植物残根等杂物后装入塑封保鲜袋, 风干研磨过 1 mm 筛, 供测定用。

收稿日期: 2008-09-10

基金项目: “十一五”国家科技支撑课题“农田集雨保水关键技术研究”(2006BAD29B03)

作者简介: 李 倩(1983—), 女, 陕西西安人, 在读硕士, 研究方向为旱区农业资源管理。E-mail: liduck1112@126.com。

通讯作者: 贾志宽(1962—), 男, 山西朔州人, 教授, 博士生导师, 主要从事生态农业、旱地农业研究。E-mail: zhikuan@tom.com。

1.3.2 土壤酶活性测定

- (1) 脲酶活性: 奈氏比色法, 以 $\text{NH}_3 - \text{N}$ $\text{mg}/(\text{g}\cdot 48\text{h}\cdot 37^\circ\text{C})$ 为单位;
- (2) 蔗糖酶活性: 3,5—二硝基水杨酸比色法, 以葡萄糖 $\text{mg}/(\text{g}\cdot 48\text{h}\cdot 37^\circ\text{C})$ 为单位;
- (3) 碱性磷酸酶活性: 磷酸苯二钠法, 以酚 $\text{mg}/(\text{g}\cdot 24\text{h}\cdot 37^\circ\text{C})$ 为单位;
- (4) 过氧化氢酶活性: KMnO_4 滴定法, 以 $0.1 \text{ mol/L KMnO}_4 \text{ ml/g}$ 为单位。

1.3.3 数据处理 采用 DPS7.05 和 EXCEL2003 进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 不同秸秆覆盖量对脲酶活性的影响

脲酶是土壤氮循环的一种关键性酶, 可以加速土壤中潜在养分的有效化, 与土壤供 N 能力有密切的关系, 对施入土壤氮的利用率影响很大, 因而土壤中脲酶活性可以作为衡量土壤肥力的指标之一, 并能部分反映土壤生产力。由表 1 可以看出, 不同秸秆覆盖量下脲酶活性发生明显变化, 各层次变化趋势一致: 处理 I > 处理 II > 处理 III > CK。0 ~ 20 cm 层, 处理 I、处理 II、处理 III 的脲酶活性分别是 CK 的 4.6、3.7 及 2.8 倍, 且处理 I、II、III 与 CK 间土壤脲酶活性的差异均达到 5% 显著水平, 处理 I 与处理 II 土壤脲酶活性的差异未达到 1% 显著水平, 但处理 I 与处理 III 和 CK 土壤脲酶活性的差异达到 1% 显著水平, 且处理 III 与 CK 土壤脲酶活性的差异也达到 1% 显著水平; 20 ~ 40 cm 层, 处理 I、处理 II、处理 III 的脲酶活性分别是 CK 的 5.6、2.0 及 1.9 倍, 处理 I 与处理 II、处理 III 和 CK 土壤脲酶活性的差异均达到 5% 显著水平和 1% 显著水平, 但处理 II、处理 III 和 CK 间土壤脲酶活性的差异不显著; 40 ~ 60 cm 层土壤脲酶活性变化趋势虽与 0 ~ 20 cm 和 20 ~ 40 cm 层一致, 但是各处理间差异均未达到 5% 显著水平。

2.2 不同秸秆覆盖量对土壤碱性磷酸酶活性的影响

土壤碱性磷酸酶活性能够表示有机磷转化状况, 其酶促作用产物——有效磷是植物磷素营养源之一。由表 2 可以看出: 不同秸秆覆盖量下各层次土壤碱性磷酸酶活性变化趋势不同。0 ~ 20 cm 层土壤碱性磷酸酶活性变化趋势为: 处理 II > 处理 I > CK > 处理 III, 处理 II 与处理 I、处理 III 和 CK 土壤碱性磷酸酶的活性差异均达到 5% 显著水平, 但处理 I、处理 III 及 CK 间差异不显著, 与 CK 相比处理 II 和处理 I 的土壤碱性磷酸酶活性分别增加了

9.0% 和 3.0%; 20 ~ 40 cm 层土壤碱性磷酸酶活性变化趋势为: 处理 II > 处理 I > 处理 III > CK, 但各处理间土壤碱性磷酸酶活性差异未达到 5% 显著水平; 40 ~ 60 cm 层土壤碱性磷酸酶活性变化趋势为: 处理 I > 处理 II > 处理 III > CK, 处理 I 与处理 III 和 CK 土壤碱性磷酸酶活性的差异达到 5% 显著水平, 但处理 II、处理 III 和 CK 间差异不显著。

表 1. 不同秸秆覆盖量下旱地土壤脲酶活性[$\text{mg}/(\text{g}\cdot 48\text{h})$]

Table 1 Effect of different amount of covering straw on soil Urease activity in dry land

处理 Treatments	层次 (cm) Layer		
	0 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60
I	12.3365aA(aA)	8.8877aA(bB)	0.7452aA(cC)
II	9.9416bAB(aA)	3.0243bB(bB)	0.6116aA(cC)
III	7.5922cB(aA)	2.9977bB(bB)	0.5648aA(cC)
IV (CK)	2.7012dC(aA)	1.5984bB(bB)	0.4267aA(cC)

注: 竖向小写和大写字母分别表示处理间差异达 0.05 和 0.01 显著水平, 横向括弧内小写和大写字母分别表示层次间差异达 0.05 和 0.01 显著水平。下表同。

Note: On the same line, lowercase letters and capital letters stand for difference at 5% and 1% in different treatments, respectively, while the letters in the parentheses stands for difference at 5% and 1% in different layers. The same below.

表 2 不同秸秆覆盖量下旱地土壤碱性磷酸酶活性[$\text{mg}/(\text{g}\cdot 24\text{h})$]

Table 2 Effect of different amount of covering straw on soil alkaline phosphatase activity in dry land

处理 Treatments	层次 (cm) Layer		
	0 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60
I	1.1557bA(a)	1.2298a(a)	1.3092aA(a)
II	1.2335aA(a)	1.3032a(a)	1.2578abA(a)
III	1.1184bA(a)	1.1806a(a)	1.2072bA(a)
IV (CK)	1.1317bA(a)	1.1191a(a)	1.1649bA(a)

2.3 不同秸秆覆盖量对蔗糖酶活性的影响

蔗糖酶又名转化酶, 其活性能够反映土壤呼吸强度, 酶促作用产物——葡萄糖是植物、微生物的营养源。蔗糖酶对增加土壤中易溶性营养物质起着重要作用, 是土壤中参与 C 循环的一种重要酶。由表 3 可以看出: 不同秸秆覆盖量下各层次蔗糖酶活性变化趋势不同。0 ~ 20 cm 层蔗糖酶活性变化趋势为: 处理 II > 处理 III > 处理 I > CK, 处理 II 与处理 I、处理 III 和 CK 的土壤蔗糖酶活性差异均达到显著水平, 但处理 I、处理 III 及 CK 间土壤蔗糖酶活性的差异不显著, 且与 CK 相比处理 II 的蔗糖酶活性增加了 46.9%; 20 ~ 40 cm 层蔗糖酶活性变化趋势为: 处理 II > 处理 I > CK > 处理 III, 但各处理间土壤蔗糖酶活性差异未达到 5% 显著水平; 40 ~ 60 cm

层蔗糖酶活性变化趋势为:处理Ⅱ>处理Ⅲ>处理Ⅰ>CK,但各处理间土壤蔗糖酶活性差异未达到5%显著水平。

表 3 不同秸秆覆盖量下旱地土壤蔗糖酶活性[mg/(g·48h)]

Table 3 Effect of different amount of covering straw on soil invertase activity in dry land

处理 Treatments	层次(cm) Layer		
	0~20	20~40	40~60
I	1.92b(aA)	1.58a(bB)	0.64a(cC)
Ⅱ	2.61a(aA)	1.59a(bB)	0.86a(cC)
Ⅲ	2.00b(aA)	1.50a(bB)	0.65a(cC)
Ⅳ(CK)	1.78b(aA)	1.55a(bA)	0.56a(cC)

2.4 不同秸秆覆盖量对过氧化氢酶活性的影响

过氧化氢酶可促进土壤中多种化合物的氧化,防止过氧化氢积累对生物体造成毒害。由表4可以看出:不同秸秆覆盖量下各层次过氧化氢酶活性变化趋势不同。0~20 cm层过氧化氢酶活性变化趋势为:处理Ⅲ>处理Ⅱ>CK>处理Ⅰ,各处理间过氧化氢酶活性差异未达到5%显著水平;20~40 cm层过氧化氢酶活性变化趋势为:处理Ⅱ>处理Ⅲ>CK>处理Ⅰ,处理Ⅱ、Ⅲ与CK土壤过氧化氢酶活性的差异均达到5%显著水平,但处理Ⅱ与处理Ⅲ间差异不显著;40~60 cm层土壤过氧化氢酶活性变化趋势为:处理Ⅱ>CK>处理Ⅲ>处理Ⅰ,但是各处理间差异均未达到5%显著水平。

表 4 不同秸秆覆盖量下旱地土壤过氧化氢酶活性(ml/g)

Table 4 Effect of different amount of covering straw on soil catalase activity in dry land

处理 Treatments	层次(cm) Layer		
	0~20	20~40	40~60
I	15.08a(a)	14.82b(a)	12.17a(b)
Ⅱ	15.17a(a)	15.24a(a)	13.25a(b)
Ⅲ	15.21a(a)	15.20a(a)	12.30a(b)
Ⅳ(CK)	15.16a(a)	14.89b(a)	13.17a(b)

2.5 土壤酶活性的垂直变化

从表1至表4可以看出:不同秸秆覆盖量下0~60 cm剖面中,脲酶、蔗糖酶及过氧化氢酶活性随土层的加深而降低,而不同处理下碱性磷酸酶活性的变化趋势不同,处理Ⅰ和处理Ⅲ碱性磷酸酶活性随土层的加深而增强,处理Ⅱ碱性磷酸酶活性的变化趋势为20~40 cm>40~60 cm>0~20 cm,而处理Ⅳ

(CK)的变化趋势为40~60 cm>0~20 cm>20~40 cm;这4种酶中,脲酶和蔗糖酶活性的层次间差异均达到5%显著水平和1%显著水平,过氧化氢酶活性在0~20 cm与40~60 cm之间及20~40 cm与40~60 cm之间差异均达到5%显著水平,而碱性磷酸酶活性各层间差异不显著。

3 结论与讨论

1) 有研究表明^[1,11,12],与传统耕作比较,覆盖可使土壤酶活性增加。这主要有三个方面的原因:第一,覆盖对土温变化有明显的调节作用,其增温效应和降温效应十分明显;增温效应主要在低温时,降温作用主要在高温时。这种前期增温、后期降温的双重效应有利于寻求适合作物生长发育的水热组合,也利于土壤酶活性的增加^[11]。第二,覆盖对土壤有机质和速效养分的影响较大^[12]。第三,覆盖可增加土壤微生物数量,覆盖后土壤真菌、细菌、放线菌的数量均有所增加,形成了不同时期新的微生物区系,进而改变了土壤生物特性^[11]。

本研究发现,不同覆盖量对不同土壤酶的影响不同。蔗糖酶、过氧化氢酶及碱性磷酸酶活性,除个别层次外,均为处理Ⅱ即9 000 kg/hm²覆盖量下各层次活性达到最高。脲酶为处理Ⅰ即13 500 kg/hm²覆盖量下各层次活性均最高,且活性随着覆盖量的减少而降低。说明秸秆覆盖在增加土壤有机质和速效养分的同时改变了土壤水温条件,随着覆盖量的增加土壤养分增加,但覆盖的降温效应也在增加,而覆盖的增温作用往往在秋季后才开始,因此,多数土壤酶的活性并非随覆盖量的增加而增加,而是在9 000 kg/hm²覆盖量下活性达到最高。而脲酶在13 500 kg/hm²覆盖量下活性最高,可能因为其对土壤养分的影响更为敏感,此问题还需进一步研究。

2) 脲酶、蔗糖酶和过氧化氢酶活性均随土层的加深而降低,而碱性磷酸酶活性的变化趋势因处理不同而不同,且各层间差异不显著。表层土壤酶活性较高,这主要是由于适量的秸秆覆盖使土壤表层积累了腐殖质,有机质含量高,有充分的营养源以利于微生物的生长,同时改善了土壤表层的水热条件和通气状况,利于微生物的生长和繁殖,因而表层土壤酶活性较高。随着土壤剖面的加深,覆盖对土壤环境影响变弱,土壤酶活性随着土层的加深而逐渐降低。

(下转第 162 页)

cover, SOC, TN, MBC and MBN increased quickly before the vegetation cover approaching 48.73%. There were similar trend between soil microbial biomass (MBC and MBN) and nutrients (SOC and TN) under the same vegetation cover, which indicted that the organic fertilizer could provide energy for the growth of microbe. Soil bacterial diversity increased with vegetation cover, and then gradually remained at a quite constant level, although soil microbial community's structure was different from each other under different vegetation cover. It implies that in arid and semiarid areas with sparse vegetation and lower plant diversity, the increase of the vegetation cover of *Reaumuria soongorica* changed obviously the ecological function of the soil. However, the unilateral increase of vegetation cover will have less effect to the soil properties.

Key words: *Reaumuria soongorica*; plant cover; microbial biomass; soil bacterial diversity; PCR-DGGE

(上接第 154 页)

参考文献:

- [1] 张 娥. 浅谈利用秸秆覆盖改良土壤技术措施[J]. 甘肃林业, 2005, (2): 29.
- [2] 杨德荣. 旱作机械化保护性耕作技术[J]. 山东农机, 2004, (5): 16—17.
- [3] 胡 芬, 梅旭荣, 陈尚漠, 等. 秸秆覆盖对春玉米农田土壤水分的调控作用[J]. 中国农业气象, 2001, 22(1): 5—18.
- [4] 王树楼, 王 茹, 丁玉川. 旱地玉米免耕整秆半覆盖耕作技术研究[J]. 耕作与栽培, 1994, (4): 11—14.
- [5] 田 慧, 谭周进, 屠乃美, 等. 少免耕土壤生态学效应研究进展[J]. 耕作与栽培, 2006, (5): 10—12.
- [6] 李淑高. 土壤酶与土壤肥力[C]//中国土壤学会. 中国土壤的合理利用与培肥(下册). 北京: 科学出版社, 1983: 37—42.
- [7] 唐 艳, 杨林林, 叶家颖. 银杏园土壤酶活性与土壤肥力的关系研究[J]. 广西植物, 1999, 19(3): 277—281.
- [8] 郑文教, 王良睦, 林 鹏. 福建和溪亚热带雨林土壤酶活性的研究[J]. 生态学杂志, 1995, 14(6): 16—20.
- [9] 曹 慧, 孙 辉, 杨 浩, 等. 土壤酶活性及其对土壤质量的指示研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(1): 105—109.
- [10] 张焱华, 吴 敏, 何 鹏, 等. 土壤酶活性与土壤肥力关系的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(34): 11139—11142.
- [11] 杨招弟, 蔡立群, 张仁陟, 等. 不同耕作方式对旱地土壤酶活性的影响[J]. 土壤通报, 2008, 39(3): 514—517.
- [12] 巩 杰, 黄高宝, 陈利顶, 等. 旱作麦田秸秆覆盖的生态综合效应研究[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(3): 69—73.

Effect of different amount of straw mulching on soil enzyme activities in dry land

LI Qian, ZHANG Rui, JIA Zhi-kuan

(Research Center of Agriculture in the Arid and Semiarid Areas, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Field fixed position experiments were conducted to study the effect of different amount of straw covering on soil enzyme activities in Heyang Country of Shaanxi Province. The results showed that: Straw covering could accelerate soil enzymatic activities, in the layer between 0 cm and 20 cm the activities of invertase and alkaline phosphatase were 46.9% and 9.0% higher respectively than that in the control and reached the maximum when the fields were mulched with 9 000 kg/hm² of maize straw; Urease activity reached the maximum when the fields were mulched with 13 500 kg/hm² of maize straw, and urease activity in the surface increased by 3.6 times compared to the control; With the increase of soil depth, the activities of urease, invertase and catalase reduced, and the difference of alkaline phosphatase activity in different levels was not significant.

Key words: spring maize; straw mulching; soil enzyme activities