

黄土丘陵区免耕条件下两种土壤酶活性变化

黄茂林¹, 梁银丽^{1,2}, 陈 晨¹, 孙存喜¹

(1. 西北农林科技大学资环学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 为了确定合理环保的耕作制度, 2007~2008 安塞田间定位试验黄土丘陵旱作农区大豆 (*Glycine max* L)、玉米 (*Zea mays* L)、红小豆 (*Semen Phaseoli*)、马铃薯 (*Solanum tuberosum* Linn.) 在翻耕化肥 (CF)、翻耕有机肥 (CM)、翻耕无肥 (CN)、免耕化肥 (NF)、免耕有机肥 (NM)、免耕无肥 (NN) 等水平下的农田土壤脲酶、蔗糖酶活性。结果表明: 在作物花期, 大豆、玉米土壤脲酶活性较高, 蔗糖酶活性较低, 而红小豆、马铃薯则与之相反, 差异极显著。到作物收获后, 玉米土壤脲酶、蔗糖酶活性增高, 增幅在 83% 以上, 而马铃薯、红小豆、大豆三种作物土壤脲酶活性降低, 降幅在 10% 以上, 蔗糖酶活性增强, 增幅在 40% 以上。从花期到收获后, 免耕降低了土壤脲酶活性, 提高了土壤蔗糖酶活性, 在黄土丘陵沟壑旱作农区两种土壤酶活性表现较优的作物为大豆、玉米, 较优的处理为 NM 玉米、NF 大豆, 其田间环保效应为: 作物生长期两种酶活性比较高, 收获后两种酶活性则降低, 有利于提高作物生长期土壤肥效利用率, 减少作物收获后温室气体的排放。

关键词: 水土保持耕作; 环保; 土壤酶; 黄土丘陵沟壑区

中图分类号: S154.2; S157 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-0144-05

土壤脲酶是一种酰胺酶, 能够促进有机质分子的酰胺键水解, 生成 NH_3 和 CO_2 , 其活性与速效氮相关性很高^[1], 在一定程度上反映了土壤供氮水平, 是评价黄土丘陵区土壤质量的一个高度敏感性指标^[2,3]。土壤蔗糖酶能够促使土壤蔗糖水解生成葡萄糖和果糖, 为植物、微生物提供了碳源, 是影响土壤有机质、N、P、K 等速效养分的最主要因子^[4], 其活性的强弱反映了土壤呼吸强度、土壤熟化程度及肥力水平^[5], 是评价黄土丘陵区土壤质量的一个中度敏感性指标^[2]。这两种酶都是作为土壤质量恢复及肥料利用效率的调控目标, 而水土保持耕作、施肥及不同的种植制度是影响土壤质量的演化、可持续利用等方面最为深刻的农业措施, 它也显著的影响了土壤脲酶, 蔗糖酶活性^[6], 因而受到学者的普遍关注。目前, 有关这两种酶的研究大多集中于土壤侵蚀、退化过程的质量评价, 或者单一作物的施肥, 或者单一作物免耕秸秆覆盖^[7~16], 而将不同作物、水土保持耕作及施肥综合在一起的研究尚不多见, 特别是有关黄土丘陵区耕作措施的环保研究还未见报道。本试验以四种作物、施肥及水土保持耕作为处理, 以传统耕作作为对照, 研究了土壤脲酶, 蔗糖酶在以上三种因素作用下的活性变化特征, 为黄土丘陵旱作区确立合理环保的耕作管理制度提供了一定的

理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验区概况

试验于 2007~2008 年两年 4~10 月下旬在中国科学院安塞水土保持试验站内田间小区进行。试验站位于黄土高原中部丘陵沟壑区, 北纬 $36^{\circ}51'30''$, 东经 $109^{\circ}19'23''$, 海拔 1 068~1 309 m。年均气温 8.8°C 。年均降雨量 500 mm, 属典型的梁峁状丘陵沟壑区, 一年一熟。试验地土壤属黄绵土, 其理化性质为: pH 值 8.5, 有机质 8.8 g/kg, 全氮 0.50 g/kg, 全磷 14.0 mg/kg。供试玉米品种为沈玉 17 号, 大豆品种为晋豆 20 号, 红小豆为龙小豆 2 号, 马铃薯为中薯 5 号。

1.2 试验设计

每种试验作物设 6 个处理 (NF—免耕化肥, NM—免耕有机肥, NN—免耕无肥, CF—翻耕化肥, CM—翻耕有机肥, CN—翻耕无肥), 随机区组设计, 3 次重复, 共 18 个小区, 小区面积 $2.5\text{ m} \times 5\text{ m}$ 。N—免耕: 上季作物收获后留茬, 不进行土壤扰动; C—翻耕: 播种时人工铁锹深翻 20 cm。M—有机肥: 羊粪肥 $16\ 675\text{ kg/hm}^2$, 作底肥于播种前一次全部施入; F—化肥: 施纯 N (尿素, 46% N) 230 kg/hm^2 , P_2O_5 150

收稿日期: 2009-04-15
基金项目: 中国科学院知识创新项目 (KZCX2-XB2-05-01)、国家科技支撑项目 (2006BAD09B07)、中国科学院安塞站和中国科学院水土保持研究所领域前沿资助项目 (SW04302)
作者简介: 黄茂林 (1969—), 男, 硕士, 主要研究方向为农业生态及作物生理生态。E-mail: huangmaolin007@126.com。
通讯作者: 梁银丽, E-mail: liangyl@ms.iswc.ac.cn。
(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

kg/hm²,播种前开沟一次施入。大豆、玉米互为前茬,红小豆、马铃薯互为前茬。玉米、马铃薯株距 38 cm,行距 60 cm,大豆、红小豆株距 28 cm,行距 50 cm。整个生育期按常规管理,实行旱作。

1.3 土壤取样

土壤取样分别在(7 月 22 日)玉米抽雄期、大豆、红小豆盛花期、马铃薯花期及收获后(10 月 23 日)进行。每小区采用 S 型五点取样法,用直径为 5 cm 土壤取样器取样,深度 0~20 cm,3 次重复,混匀并剔除植物残体和其他杂物,放在阴凉处风干,过 1 mm 筛进行酶活性测定。

1.4 测定与数据分析

蔗糖酶活性用 3,5-二硝基水杨酸比色法,以 C₆H₆O₆ mg/(g·24h) 表示;脲酶活性用靛酚比色法,以 NH₃-Nmg/(g·24h) 表示^[17]。

实验数据采用 SAS V8 处理软件进行统计分析。单尾检验重复间的差异显著性,新复级差法检验处理间的差异显著性水平。文中图用大小写字母(A, B, C;a, b, c)分别表示 P=0.01 及 P=0.05 水平下差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同作物及处理对土壤脲酶活性的影响

4 种作物对土壤脲酶活性影响的方向及强度在不同生育期具有选择性。如图 1,在作物的花期(7 月 22 日),以大豆的脲酶活性最高,马铃薯最低,差异极显著(P=0.01),其由大到小的顺序为:大豆>玉米>红小豆>马铃薯。而在收获后(10 月 23 日),4 种作物中土壤脲酶以玉米田最高,其大小顺序为:玉米>大豆>马铃薯>红小豆。将花期同收获后相比,4 种作物只有玉米田土壤脲酶活性增强,增幅达 83%,马铃薯降 10%、大豆降 9%,其中红小豆降幅最大,为 39%。由此可以看出,在作物生长的前期,大豆田土壤脲酶活性高,土壤转化尿素的能力强,产脲酶的生物活性高,马铃薯田土壤脲酶活性低,土壤转化尿素的能力弱。在生长后期,大豆、红小豆、马铃薯田土壤转化尿素的能力弱,产脲酶的生物活性低,而玉米田土壤转化尿素的能力强,产脲酶的生物活性高。

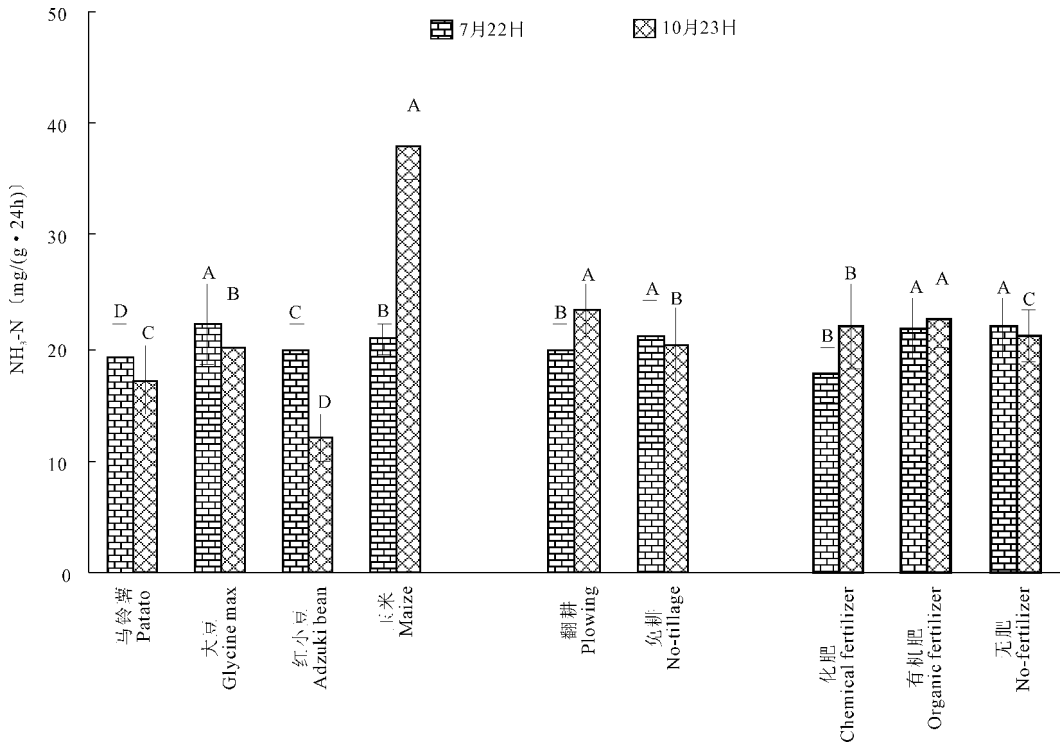


图 1 不同作物及处理对土壤脲酶活性的影响

Fig.1 Effect of different crops and treatments on the soil urease activities

翻耕能够增强土壤脲酶活性。从耕作方式看,花期土壤脲酶活性:免耕>翻耕;收获后免耕<翻耕,差异极显著,将花期同收获后土壤脲酶活性相

比,翻耕增幅为 18%,免耕降幅为 4%。施肥可以显著提高土壤脲酶活性。从施肥方式看,在作物的花期,化肥<有机肥和无肥;收获后,有

机肥>化肥>无肥。化肥增幅为 18%，有机肥增 4%，无肥降幅为 4%。

2.2 不同作物及处理对土壤蔗糖酶活性的影响

4 种作物对土壤蔗糖酶活性影响的方向一致而强度不同。如图 2，在作物的花期，以红小豆的蔗糖酶活性最高，玉米最低，差异极显著 ($P=0.01$)，其

大小顺序为：红小豆>马铃薯>大豆>玉米。在收获后，4 种作物中土壤蔗糖酶活性以玉米田最高，其大小顺序为：玉米>红小豆>马铃薯>大豆。将花期同收获后相比，4 种作物土壤蔗糖酶活性都有不同程度增强：马铃薯增幅 42%、红小豆增 53%、大豆增 56%，玉米增幅达 386%。

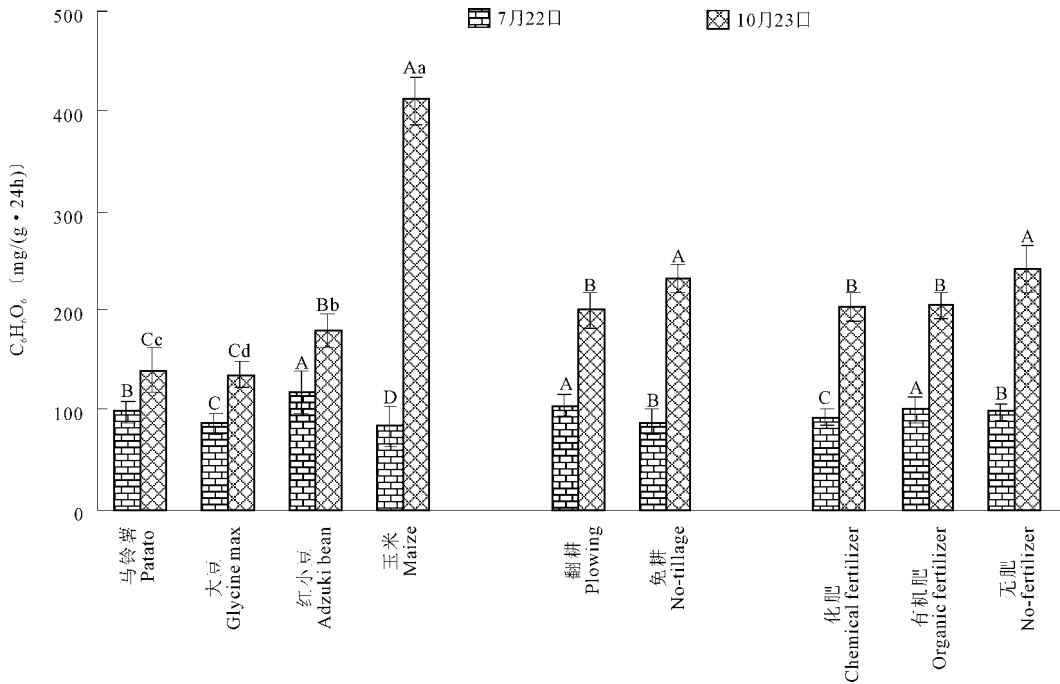


图 2 不同作物及处理对土壤蔗糖酶活性的影响

Fig.2 Effect of different crops and treatments on the soil saccharase activities

免耕可以大幅度提高土壤蔗糖酶活性。从耕作方式看，花期的土壤蔗糖酶活性：免耕<翻耕；收获后：免耕>翻耕，差异极显著 ($P=0.01$)。纵向看，翻耕增幅为 92%，免耕增幅为 161%。

从施肥方式看，在花期，化肥<有机肥和无肥；收获后，无肥>施肥。纵向看，土壤蔗糖酶活性都有不同程度的增强，化肥增幅 121%，有机肥增 104%，无肥增 147%。

2.3 4 种作物的不同处理对土壤脲酶活性的影响

如图 3，在花期，马铃薯田土壤脲酶以 NM、NF、CM 处理活性为最强，氮素转化能力最高，以 NN 为最低，到收获后，土壤脲酶活性有不同程度降低，其中以免耕三种处理降低幅度最大，平均为 70%，而 CF 降幅最小，为 26%。在马铃薯生长后期，免耕处理有利于土壤氮素保存，避免了不必要的土壤营养损失。

在盛花期(图 4)，大豆 CN 田土壤脲酶活性最高，NF 最低。到收获后，NN 最高，NF 最低。纵向看，CF、CM、NF、NN 田土壤脲酶活性增强，其中 NN 活性增幅达 105%，CN、NM 田土壤脲酶活性降低，而

CN 降幅为 66%。

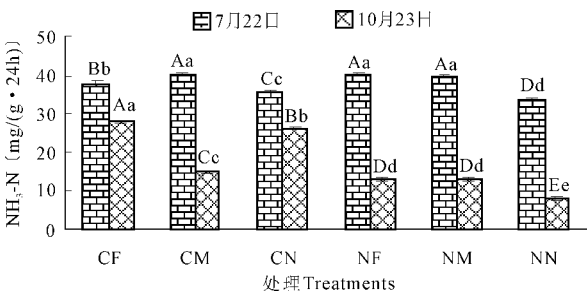


图 3 不同处理对马铃薯土壤脲酶活性的影响

Fig.3 Effect of different treatments on the soil urease activities of potato

图 5 表明，在盛花期，红小豆田土壤脲酶以 NM 活性最高，CM 最低。到收获后，则以 CM 最高，CN、NN 最低。纵向看，活性降低幅度最大的是 CN、NN，降幅分别为 51%、56%，而 CM 仅降 2%。

从图 6 看，在玉米抽雄期，土壤脲酶以 NN 活性最高，CM 最低，到收获后，土壤脲酶活性普遍增强，平均增幅在 84%。其大小为：CM>NF>NM>CF>

CN>NN。

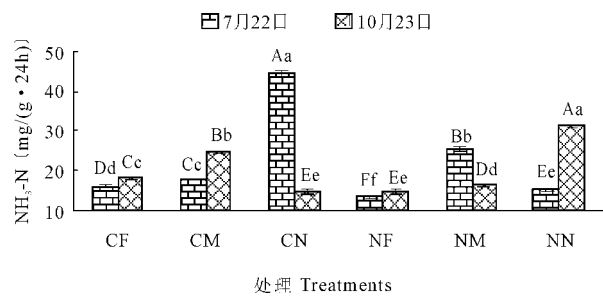


图 4 不同处理对大豆土壤脲酶活性的影响
Fig.4 Effect of different treatments on the soil urease activities of soybean

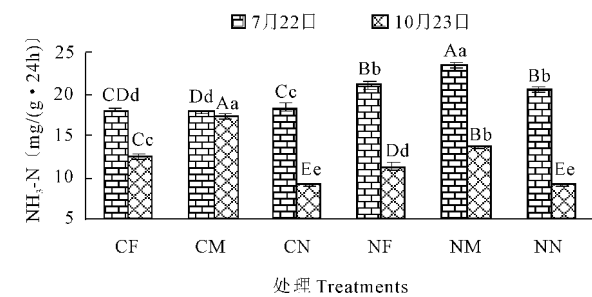


图 5 不同处理对红小豆土壤脲酶活性的影响
Fig.5 Effect of different treatments on the soil urease activities of red bean

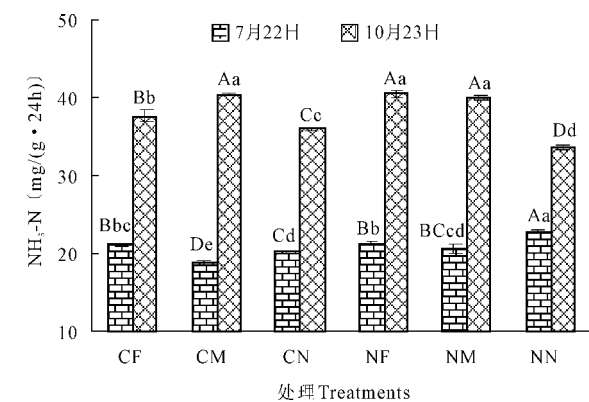


图 6 不同处理对玉米土壤脲酶活性的影响
Fig.6 Effect of different treatments on the soil urease activities of corn

2.4 四种作物不同处理对土壤蔗糖酶活性的影响

在花期(如图 7), 马铃薯田土壤蔗糖酶活性以 CM 最强, 以 NM 最低。到收获后, CF、CN、NF、NM、NN 蔗糖酶活性都有不同程度的增强, 平均增 53%, 只有 CM 基本不变。

在大豆盛花期(图 8), 土壤蔗糖酶活性 CM 最强, CN 最低, 不同处理之间差异极显著 ($P=0.01$)。到收获后, 不同处理平均增幅在 59%, 其中 CN 最大, 为 115%。最小的是 NN, 增 28%。

在盛花期(图 9), 红小豆土壤蔗糖酶活性 CN 最高, NF 最低。到收获后, 不同处理之间变异很大, NN 增幅最大, 为 275%, 其它则增幅较小, 而 CN 则降幅为 22%。

在抽雄期(图 10), 玉米土壤蔗糖酶活性以 CN 最高, NN 最低, 不同处理之间差异极显著。到收获后, 蔗糖酶活性普遍增强, 平均增幅在 350%, 其中, 增幅最大的是 NN, 达到了 705%。

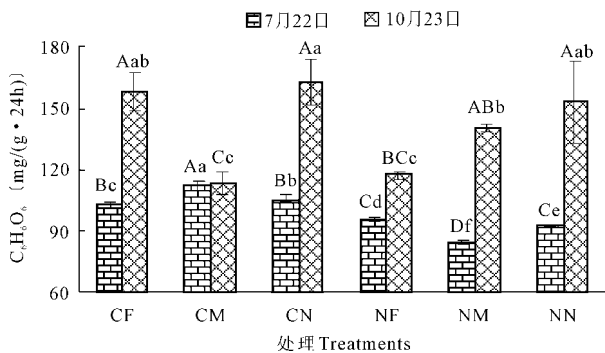


图 7 不同处理对马铃薯土壤蔗糖酶活性的影响
Fig.7 Effect of different treatments on the soil saccharase activities of potato

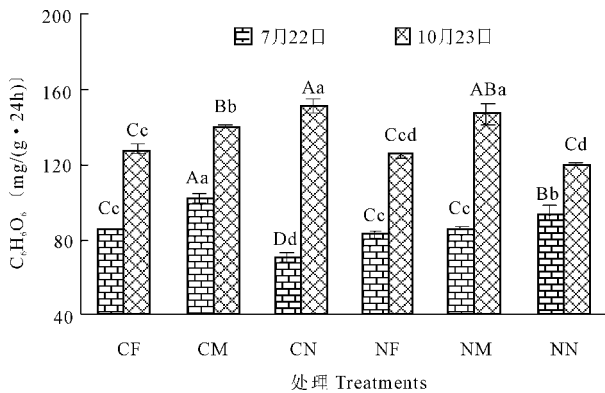


图 8 不同处理对大豆土壤蔗糖酶活性影响
Fig.8 Effect of different treatments on the soil saccharase activities of soybean

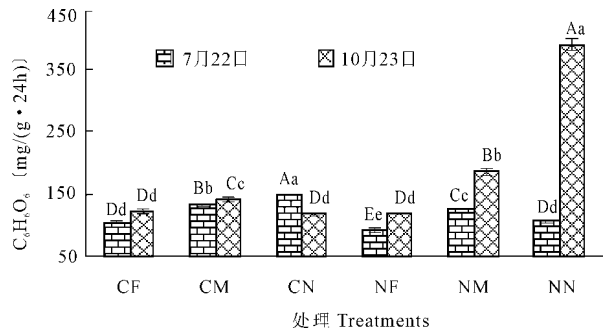


图 9 不同处理对红小豆土壤蔗糖酶活性的影响
Fig.9 Effect of different treatments on the soil saccharase activities of red bean

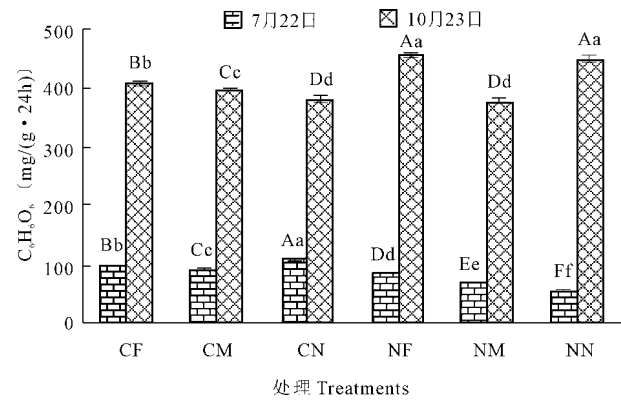


图 10 不同处理对玉米土壤蔗糖酶活性影响

Fig. 10 Effect of different treatments on the soil saccharase activities of corn

3 讨论与结论

不同作物为了提高自己对环境的主动适应性、抗病性、竞争力,在不同的生育阶段,其根系合成分泌某些不同的次生代谢物,用以影响、改造土壤微生态环境,使之尽可能的满足自身生长的营养需要,以利于生存和发展^[18]。不同的作物在不同的生育期对营养需求的种类及环境的改造能力不同,从而导致土壤环境生物及营养的不均衡^[19,20],这可能是构成连作障碍的原因之一。因而提高作物生长旺盛期土壤这两种酶活性,降低收获后土壤酶活性是我们研究的调控目标,这样既利于土壤肥效的最大化利用,又利于减少温室气体的排放,保护环境。

本研究表明,在作物花期,大豆、玉米土壤脲酶活性较高,蔗糖酶活性较低,差异极显著,而红小豆、马铃薯则与之相反。可能与四种作物在这一时期土壤产脲酶、蔗糖酶的相关生物活性强弱程度不同有关。到了作物收获后,玉米田土壤脲酶、蔗糖酶活性比较高,增幅都在 83% 以上,而马铃薯、红小豆、大豆三种作物土壤脲酶活性普遍降低,一般降幅在 10% 以上;蔗糖酶活性普遍增高,一般增幅在 40% 以上。

本研究结果还显示,从花期到收获后,免耕降低了土壤脲酶活性,提高了土壤蔗糖酶活性,此外,翻耕处理的作物花期土壤脲酶活性、收获后蔗糖酶活性均低于免耕,这与以往的研究不同^[6],可能是土壤、水热等环境条件不同造成的。

从不同作物生长对土壤肥力需求及环保调控的目标来看,NF、NM 大豆;NF、NM 玉米;CM、NM 马铃薯;NF、NM 红小豆等处理在花期两种酶活性较高,收获后,两种酶活性则较低,这种表现使得作物在生长期土壤肥效得到充分的利用,又能在作物生长

后使土壤肥力的持续保存,减少温室气体的排放,减轻大气环境污染。此外,由于本研究选点有限,四种作物全生育期不同处理对两种土壤酶活性的影响还有待作进一步的研究。

参考文献:

[1] 吕国红,周广胜,赵先丽,等.土壤碳氮与土壤酶相关性研究进展[J]. 辽宁气象,2005,(2):6—8.

[2] 许明祥,刘国彬,赵允格.黄土丘陵土壤质量评价指标研究[J]. 应用生态学报,2005,16(10):1843—1848.

[3] 王芸,韩宾,史忠强,等.保护性耕作对土壤微生物特性及酶活性的影响[J]. 水土保持学报,2006,20(4):120—123.

[4] 张翼,张长华,王振民,等.连作对烤烟生长和烟地土壤酶活性的影响[J]. 中国农学通报,2007,23(12):211—215.

[5] 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):90—91.

[6] 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.

[7] 李春霞,陈阜,王俊忠,等.不同耕作措施对土壤酶活性的影响[J]. 土壤通报,2007,38(3):601—603.

[8] 王健,蔡焕杰,刘红英.免耕覆盖下玉米耗水特性及土壤环境变化研究[J]. 干旱地区农业研究,2007,25(2):35—39.

[9] 贺丽娜,梁银丽,高静,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(自然科学版),2008,36(5):155—159.

[10] 刘恩科,赵秉强,李秀英,等.长期施肥对土壤微生物量及土壤酶活性的影响[J]. 植物生态学报,2008,32(1):176—182.

[11] 张笑培,杨改河,王得祥,等.黄土高原沟壑区不同植被恢复模式对土壤生物学特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2008,36(5):151—154.

[12] 张星杰,刘景辉,李立军,等.保护性耕作对旱作玉米土壤微生物和酶活性的影响[J]. 玉米科学,2008,16(1):91—95.

[13] 蒋智林,刘万学,万方浩.紫茎泽兰与本地植物群落根际土壤酶活性和土壤肥力的差异[J]. 农业环境科学学报,2008,27(2):660—664.

[14] 王聪祥,闻杰,孙文涛,等.不同保护性耕作方式土壤酶动态变化的研究[J]. 辽宁农业科学,2005,(6):16—18.

[15] Kuntal M. Hati, Anand Swarup, A. K. Dwivedi, et al. Changes in soil physical properties and organic carbon status at the topsoil horizon of a vertisol of central India after 28 years of continuous cropping, fertilization and manuring[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2007, 119:127—134.

[16] Fudge Dou, Alan L. Wright, Frank M. Hons. Depth distribution of soil organic C and N after long-term soybean cropping in Texas[J]. Soil & Tillage Research, 2007, 94:530—536.

[17] 关松荫.土壤酶及其研究方法[M]. 北京:农业出版社,1986:243—323.

[18] 骆世明.农业生态学[M]. 北京:中国农业出版社,2001:47—50.

[19] 梁银丽,陈志杰.设施蔬菜土壤连作障碍原因与预防措施[J]. 西北园艺,2004,(7):4—5.

[20] 周茂娟,梁银丽,陈甲瑞,等.不同作物对土壤生物学特性的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版),2008,25(3):222—225.

(英文摘要下转第 160 页)

Biochemical characteristics of wheat straw during composting at high-temperature and static state

SUN Li-ning¹, GU Jie², GAO Hua², ZHANG She-qi¹,
CHEN Sheng-nan¹, CHEN Qiang-long², ZHEN Li-sha²

(1. College of Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: An experiment was conducted to study the biochemical characteristics of wheat straw during its composting at high-temperature and static state. There were two treatments in this experiment, one was with adding microorganism agent, and the other was without adding microorganism agent (CK). The results indicated that the treatment of adding microorganism agent had faster temperature rising, higher temperature and longer high temperature duration than CK; The E_4/E_6 values increased in the initial stage but decreased thereafter, the E_4/E_6 values of materials of adding microorganism fungus were 1.512~1.709, and the E_4/E_6 values of materials of CK were 1.649~2.060 after 23 d, which indicated that microorganism fungus could promote processing humus; It has been discovered that pH values increased after composting while the rate of conductance decreased.

Keywords: straw; high-temperature composting; temperature; E_4/E_6 ; pH; EC

(上接第 148 页)

Response of two kinds of soil enzyme to different crops and fertilization modes in loess hilly and gully region

HUANG Mao-lin¹, LIANG Yin-li^{1,2}, CHEN Chen¹, SUN Cun-xi¹

(1. Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and

Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to determine a reasonable tillage system, a two-year experiment was conducted in Ansai, northern Shaanxi to test soil uncase activity and sucrase activity of the fields of *Glycine max* L., *Zea mays* L., *Semen Phaseoli* and *Solanum tuberosum* Linn in the treatments of the tillage fertilizer (CF), tilling organic manure (CM), tillage no fertilizer (CN); no-till fertilizer (NF), no-till organic manure (NM), no-tillage no fertilizer (NN) in loess hilly and gully region. The results showed that; in the flowering stage soil uncase activity of soybean and maize fields increased, but sucrase activity decreased, while those of adzuki bean and potato were opposite. After harvest time, soil uncase activity and sucrase activity of maize field increased by 83%, while soil uncase activity of potato, adzuki bean and soybean fields decreased, and the decreasing range was above 10% and sucrase activity increased by over 40%. From flowering stage to harvest time, no tillage reduced soil uncase activity but increased sucrase activity. The effect of environmental protection was that the two kinds of soil enzyme showed high activity in the growth period but low activity after harvest, which can improve fertilizer efficiency in crop growth period and reduce the emission of greenhouse gas after harvest.

Keywords: soil and water conservation tillage; environmental protection; soil enzyme; loess hilly and gully region