

黄土高原春玉米田不同耕作处理土壤酶活性的变化

刘鹏涛^{1a,2}, 赵如浪^{1a}, 冯佰利^{1a}, 朱瑞祥^{1b}, 薛少平^{1b},
高金锋^{1a}, 马志卿^{1c}, 刘月仙³, 寇 秀³, 李延玲³

(1 西北农林科技大学 a 农学院, b 机械与电子工程学院, c 植物保护学院, 陕西 杨凌 712100; 2 全国农技推广服务中心, 北京 100125; 3 陕西省黄陵县原种繁殖农场, 陕西 黄陵 727300)

【摘 要】 【目的】研究黄土高原一年一熟春玉米区不同耕作处理对农田土壤酶活性的影响。【方法】以春玉米品种“沈玉 17”为供试作物, 采取保护性耕作(NT)、传统耕作+秸秆还田(TS)和传统耕作(CT) 3 种耕作模式栽培。第 2 年, 分别于播种前(04-17)、拔节期(06-03)、抽雄期(07-16)和成熟期(09-15)用土钻取 0~20 cm 土样, 测其过氧化氢酶、脲酶、碱性磷酸酶、多酚氧化酶、蔗糖酶和纤维素酶活性, 探索不同保护性耕作方式下土壤酶活性的动态变化规律。【结果】NT 条件下, 土壤过氧化氢酶和碱性磷酸酶活性均呈先上升后下降的变化趋势。TS 条件下, 土壤多酚氧化酶活性表现为先下降后上升的趋势, 但上升时期出现较晚; 土壤蔗糖酶活性表现为先上升后下降的变化趋势, 在抽雄期最高; 土壤纤维素酶活性在拔节期显著高于 NT 和 CT 耕作模式。3 种耕作模式下, 土壤脲酶活性均呈先升高后下降的趋势。可能由于受土壤水热状况和通气等因素影响, 不同处理条件下不同土壤酶活性最高值出现的时期不同。【结论】保护性耕作有提高土壤酶活性的趋势。

【关键词】 黄土高原; 春玉米; 保护性耕作; 土壤酶活性

【中图分类号】 S154

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)07-0054-05

Dynamic changes of soil enzyme activities in spring maize area of Loess Plateau under different tillage practices

LIU Peng-tao^{1a,2}, ZHAO Ru-lang^{1a}, FENG Bai-li^{1a}, ZHU Rui-xiang^{1b},
XUE Shao-ping^{1b}, GAO Jin-feng^{1a}, MA Zhi-qing^{1c},
LIU Yue-xian³, KOU Xiu³, LI Yan-ling³

(1 a College of Agronomy, b College of Mechanical and Electronic Engineering, c College of Plant Protection, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 National Agricultural Technology Extension Center, Beijing 100125, China; 3 Farm of Protospecies Reproduction Huangling County, Huangling, Shaanxi 727300, China)

Abstract: 【Objective】The research was to study the effects of different farming modes on soil enzyme activities of spring maize area as one crop per year in Loess Plateau. 【Method】No tillage (NT), conventional tillage+straw returning and conventional tillage (CT) were used in the spring maize cultivar “Shenyl7”. Soil samples of 0—20 cm were drilled at the stage of sowing (04-17), jointing (06-03), tasselling (07-16) and dough (09-15), respectively. The Catalase, Urease, Phosphatase, Polyphenol Oxidase, Invertase and Cellulase activities were measured to study the dynamic changes of soil enzyme activities. 【Result】Under NT cultivation; soil enzymes activities of Catalase and Phosphatase showed an upward trend between sowing and jointing stage, whereas a downward trend from jointing to dough stage. Under TS cultivation;

* [收稿日期] 2009-12-28

[基金项目] 农业部先正达农业科教及农村发展项目“黄土高原春玉米保护性耕作技术体系及配套机具研究”; 农业部公益性行业(农业)科研专项“北方主要作物抗旱节水综合技术研究与区域示范(200903007)”

[作者简介] 刘鹏涛(1984—), 男, 河南登封人, 在读硕士, 主要从事作物高产生态生理研究。E-mail: dflpt@yahoo.com.cn

[通信作者] 冯佰利(1966—), 男, 陕西耀县人, 教授, 博士生导师, 主要从事作物高产生态生理技术及小杂粮栽培、育种研究。E-mail: 7012766@163.com

Polyphenol Oxidase activities showed a downward trend before rising which appeared late. Invertase activities showed an upward and then a downward trend, the highest turned up at the tasselling stage. The soil Cellulase activities were significantly higher than those of NT and CT farming modes at jointing stage. There was a common tendency of the three different farming modes, first growing then declining, which was observed in the soil Urease activities; The peaks of enzyme activities were found in different stages, resulting from states of soil hydrothermal regime and ventilation. 【Conclusion】 The soil enzyme activities tend to increase under conservation tillage.

Key words: Loess Plateau; spring maize; conservation tillage; soil enzyme activity

干旱缺水、水土流失、沙尘一直是黄土高原地区面临的主要问题,农业生态环境的恶化给当地农业经济发展造成了严重阻碍。由传统耕作方式翻耕造成的农田大面积长时间裸露,加速了环境的恶化。保护性耕作是针对传统耕作弊端而发展起来的一种耕作技术,其通过少耕、免耕、地表微地形改造技术及地表覆盖、合理种植等综合配套措施,来减少农田土壤侵蚀,保护农田生态环境,以实现生态、经济及社会效益的协调发展^[1-2]。因此,发展与当地农业环境相配套的保护性耕作技术体系,对黄土高原春玉米区农业持续发展及当地生态环境改善具有重要意义。

不同土地利用方式的土壤性质(如土壤物理、化学和生物学特性)不同,合理的土地利用方式可以改善土壤结构,增强土壤对外界环境变化的抵抗力^[3]。酶是土壤的组成部分,在土壤物质和能量转化过程中起着重要的催化作用,其不仅能反映土壤生物活性的高低,而且能表征土壤养分转化的快慢,在一定程度上反映了土壤的肥力状况^[4]。国内外关于土壤酶的研究较多,但主要集中于农业、林业不同类型和肥力水平土壤的酶活性,及施用有机肥和无机肥对土壤酶活性的影响等方面^[5-7],关于不同耕作方式对土壤酶活性的影响也有一些研究报道^[8-9],但对于黄土高原春玉米区保护性耕作条件下土壤酶活性的动态变化研究尚未见详细报道。为此,本试验通过测定黄土高原春玉米区保护性耕作农田土壤蔗糖酶、脲酶等 6 种酶活性在不同时期的变化,探索了特定保护性耕作方式下土壤酶活性的动态变化规律,以期为进一步研究保护性耕作对农田土壤生物环境的影响的作用机理及黄土高原春玉米保护性耕作技术体系的建立提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地点位于黄土高原中部高原沟壑区——陕

西省黄陵县桥山镇。试区海拔 1 000 m 左右,属温带半湿润偏旱气候,年均气温 9.3℃,无霜期 170 d,年均降水量 614 mm,且主要集中在 5—9 月份,农业用水主要依靠自然降水,属典型雨养农业地区。该区地形地貌、气候条件、生产水平和经济条件,在黄土高原中、南部具有典型的代表性,土壤类型为黄绵土。

1.2 试验设计

试验共设 3 个处理:(1)保护性耕作(NT):即碎秆浅旋秸秆全程覆盖,前茬玉米收获时留秸秆一秸秆切碎浅耙(旋)镇压—免耕施肥播种—除草、防病虫。处理面积 2.4 hm²,秸秆还田量约 10⁴ kg/hm²。(2)传统耕作+秸秆还田(TS):前茬玉米收获时留秸秆一秸秆切碎浅耙(旋)镇压—铧式犁翻耕—浅耕施肥整地—露地条播—除草、防病虫。处理面积 2.4 hm²,秸秆还田量约 10⁴ kg/hm²。(3)传统耕作(CT):前茬玉米收获后清除秸秆—铧式犁翻耕—旋耕镇压—浅耕施肥整地—露地条播—除草、防病虫。处理面积 0.4 hm²。

供试春玉米品种为“沈玉 17”,04-20 前后播种,播量 45 kg/hm²;播种时基施尿素 225 kg/hm² 和磷酸二铵 225 kg/hm²。4~6 叶期定苗,小喇叭口期结合中耕追施尿素 225 kg/hm²。

1.3 试验方法

1.3.1 土壤样品的采集 2007 年(保护性耕作第 2 年),分别于播种前(04-17)、拔节期(06-03)、抽雄期(07-16)和成熟期(09-15),用土钻在 0~20 cm 土层取样。每处理采用 S 形取样法采集土样,剔除石块、植物残根等杂物,混合后四分法留 1 kg 左右,装袋带回实验室,风干研磨过 1 mm 筛,供测定用。

1.3.2 土壤酶活性的测定 过氧化氢酶活性测定采用高锰酸钾滴定法^[10],用 20 min 后 1 g 干土所消耗的高锰酸钾的毫升数表示;脲酶活性测定采用靛酚比色法^[11],用 6 h 后 1 g 干土转化生成的 NH₃-N 毫克数表示;碱性磷酸酶活性测定采用磷酸苯二钠

法^[10],用 3 h 后 1 g 干土中释放酚的毫克数表示;多酚氧化酶活性测定采用邻苯三酚反应法^[12],用 2 h 后 1 g 干土生成的紫色没食子素的毫克数表示;蔗糖酶活性测定采用硝基水杨酸比色法^[10],用 24 h 后 1 g 干土中葡萄糖的毫克数表示;纤维素酶活性测定采用羧甲基纤维素反应法^[10],用 7 d 后 10 g 干土中葡萄糖的毫克数表示。各试验均设 3 个重复,并设无基质对照和无土对照。

1.3.3 数据处理 采用 SAS V8 和 Origin 8.0 进行数据处理。多重比较采用 Duncan's 新复极差法测验。

2 结果与分析

2.1 不同耕作模式下土壤过氧化氢酶活性的变化

由图 1 可以看出,不同处理土壤过氧化氢酶活性变化不同,NT 处理过氧化氢酶活性前期升高,然

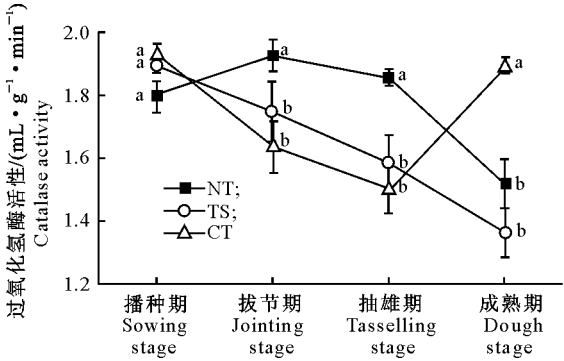


图 1 不同耕作模式下土壤过氧化氢酶活性的变化
同一时期各点标不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平。下同
Fig. 1 Soil Catalase activities of different farming modes
Different letters indicate significant differences ($P<0.05$) in the enzyme activities at the same stage. The same below

2.3 不同耕作模式下土壤碱性磷酸酶活性的变化

由图 3 可见,不同耕作模式下土壤碱性磷酸酶活性的变化趋势不同,NT 处理碱性磷酸酶活性表现为前期迅速上升,在拔节期达到峰值,此时其活性显著高于 TS 处理,之后开始下降;CT 处理碱性磷酸酶活性前期呈上升趋势,但上升幅度较小,在拔节期达到峰值,然后迅速下降,在抽雄期降至最低,此时其活性显著低于其他处理,随后又有一定幅度回升;TS 处理碱性磷酸酶活性在玉米整个生育时期表现基本稳定。

2.4 不同耕作模式下土壤多酚氧化酶活性的变化

由图 4 可以看出,不同处理之间土壤多酚氧化酶活性变化有一定差异,其中 CT 处理土壤多酚氧化酶活性先上升而后又缓慢下降,在抽雄期其酶活

后酶活性稳定保持到玉米抽雄期后开始下降;CT 处理过氧化氢酶活性开始一直保持下降趋势,至玉米抽雄期后开始升高;TS 处理过氧化氢酶活性则一直保持下降趋势;拔节期和抽雄期 NT 处理过氧化氢酶活性显著高于 TS 和 CT 处理,而在成熟期 CT 处理显著高于 NT 和 TS 处理。

2.2 不同耕作模式下土壤脲酶活性的变化

图 2 显示,不同处理土壤脲酶活性的变化均呈先上升后下降的趋势,但不同处理之间在不同时期差异明显。CT 处理前期上升幅度最大,其脲酶活性在拔节期显著高于 TS 和 NT 处理,但随后迅速下降,到成熟期降为最低;TS 处理脲酶活性最高值也出现在拔节期,且显著高于 NT 处理,其后缓慢下降,在抽雄期显著高于其他处理;NT 处理脲酶活性前期缓慢上升,最高值出现在抽雄期,随后缓慢下降,至成熟期显著高于 CT 处理。

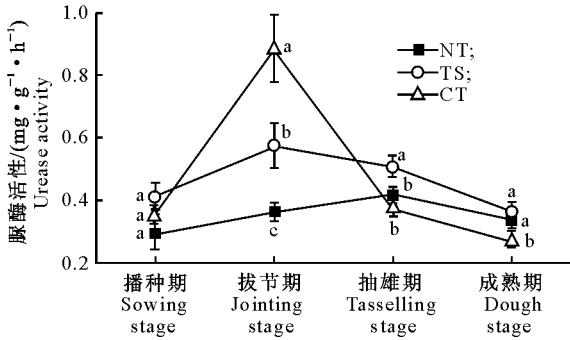


图 2 不同耕作模式下土壤脲酶活性的变化
Fig. 2 Soil Urease activities of different farming modes

性显著高于其他处理;TS 处理前期土壤多酚氧化酶活性保持基本稳定,从拔节期开始先下降而后升高,至成熟期显著高于 NT 处理;NT 处理多酚氧化酶活性在整个时期都显著低于 TS 和 CT 处理。

2.5 不同耕作模式下土壤蔗糖酶活性的变化

图 5 表明,不同处理土壤蔗糖酶活性变化差异明显,从播种到拔节期,3 种处理土壤蔗糖酶活性均呈下降趋势,处理间差异不显著。从拔节期到成熟期,TS 处理蔗糖酶活性表现为先上升后下降的趋势,抽雄期达最高,且显著高于 NT 和 CT 处理;CT 处理表现为先下降后轻微上升趋势;NT 处理则一直表现为下降趋势。成熟期土壤蔗糖酶活性表现为 TS 处理>CT 处理>NT 处理。

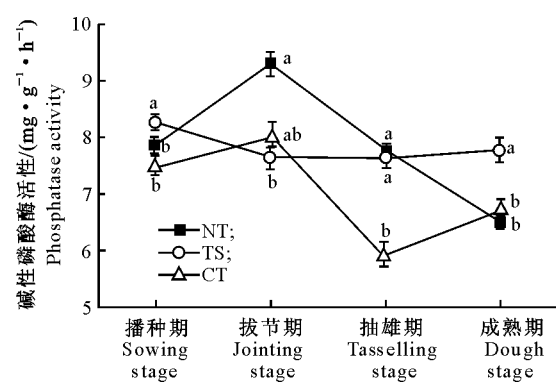


图 3 不同耕作模式下土壤碱性磷酸酶活性的变化

Fig. 3 Soil Phosphatase activities of different farming modes

2.6 不同耕作模式下土壤纤维素酶活性的变化

图 6 表明,不同处理间土壤纤维素酶活性有一定差异,TS 处理纤维素酶活性在玉米生长前期迅速上升,至拔节期达到最大值,且显著高于其他处理,随后下降,抽雄期后酶活性保持稳定;CT 处理纤维素酶活性的变化趋势与 TS 处理相似,前期小幅度

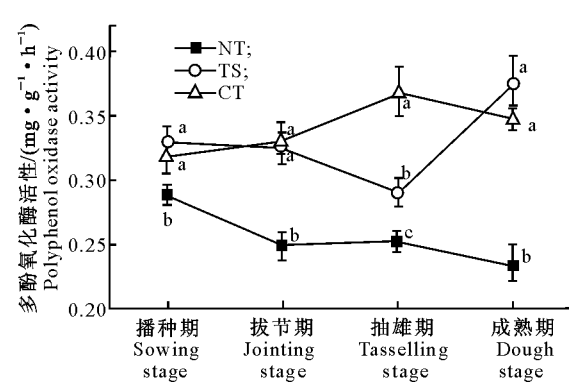


图 4 不同耕作模式下土壤多酚氧化酶活性的变化

Fig. 4 Soil Polyphenol Oxidase activities of different farming modes

上升,随后下降,抽雄期后虽有一定上升,但在 3 个处理中仍为最低,至成熟期显著低于 TS 和 NT 处理;NT 处理纤维素酶活性在拔节期前呈下降趋势,之后持续上升,至成熟期纤维素酶活性在 3 个处理中最高,且显著高于 CT 处理。

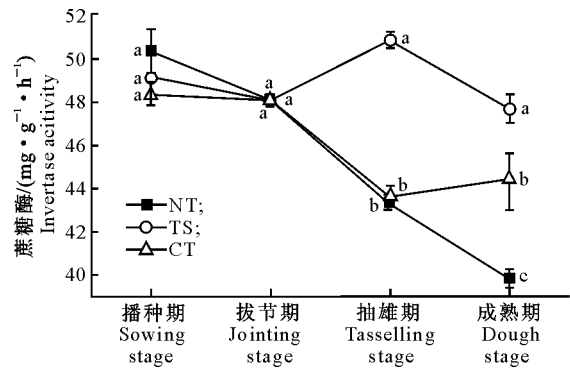


图 5 不同耕作模式下土壤蔗糖酶活性的变化

Fig. 5 Soil Invertase activities of different farming modes

3 讨论

有研究发现,玉米根茬留田使土壤中的过氧化氢酶、脲酶、磷酸酶和纤维素酶活性均呈先上升后下降的趋势^[13-15]。也有研究发现,潮棕壤农田土壤蔗糖酶和脲酶活性随玉米生育期的进行呈先升高后降低的趋势,但不同耕作方式下不同土层深度最高峰出现时间不同^[16]。本研究结果表明,土壤过氧化氢酶活性在保护性耕作条件下表现为先升高后降低的趋势,与前人研究基本一致^[13-14,17];而在传统耕作+秸秆还田和传统耕作条件下,从播种期到抽雄期,过氧化氢酶活性一直呈下降趋势,这可能与黄土高原地区土壤酶活性受水分条件影响有关,而保护性耕作农田的水分条件要优于其他处理。土壤脲酶活性

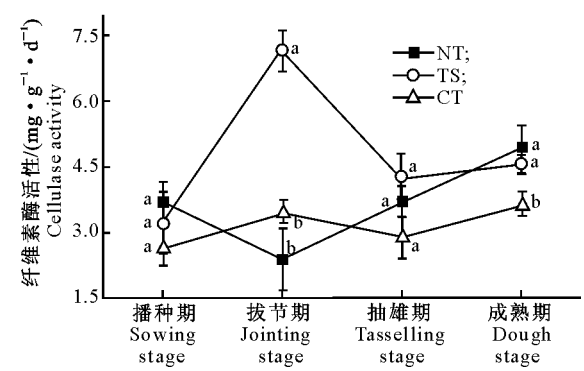


图 6 不同耕作模式下土壤纤维素酶活性的变化

Fig. 6 Soil Cellulase activities of different farming modes 在不同处理中均表现为先升高后降低的趋势,与前人研究结果一致^[13-16]。保护性耕作条件下,土壤碱性磷酸酶活性变化亦表现为先升高后降低,但在传统耕作+秸秆还田和传统耕作条件下其变化不规律,这可能是由于保护性耕作处理较其他 2 个处理能显著提高土壤水分和温度所致。土壤蔗糖酶活性在传统耕作+秸秆还田处理中的表现与前人研究结果一致^[13-14],但在保护性耕作和传统耕作中表现为下降趋势,其原因可能是保护性耕作处理造成土壤体积质量增大、通气不良,从而抑制了蔗糖酶活性;而传统耕作由于土壤翻耕以及没有进行秸秆还田,导致土壤中酶反应底物缺乏,活性下降,而后期由于植株根系分泌物和脱落物增加,引起酶活性略微提高。保护性耕作下免耕覆盖降低了试验地土壤温

度,限制了土壤纤维素酶活性。土壤多酚氧化酶活性的动态变化在前人研究中未曾涉及,本研究中,传统耕作+秸秆还田条件下土壤多酚氧化酶活性表现为先上升后上降趋势,但上升时期出现较晚;保护性耕作处理下土壤多酚氧化酶活性则一直呈下降趋势,这可能与免耕造成土壤体积质量增大,土壤通气性差有关。前人的研究结果表明,保护性耕作有提高酶活性的趋势,但前期效果不明显^[18-21]。因此,在推广保护性耕作的最初 2 年,土壤生化活性不会有显著改善,甚至可能会因为免耕造成土壤体积质量增大、通气性差,而引起土壤生化活性反而低于传统耕作。

【参考文献】

- [1] 高焕文,李问盈,李洪文. 中国特色保护性耕作技术 [J]. 农业工程学报,2003,19(3):1-4.
Gao H W, Li W Y, Li H W. Conservation tillage technology with Chinese characteristics [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2003, 19(3): 1-4. (in Chinese)
- [2] 鲁向晖,隋艳艳,王 飞,等. 保护性耕作技术对农田环境的影响研究 [J]. 干旱地区农业研究,2007,25(3):66-72.
Lu X H, Sui Y Y, Wang F, et al. The conservation tillage technique and it s influences on farmland environment [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2007, 25(3): 66-72. (in Chinese)
- [3] 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.
Tian H, Tan Z J, Tu N M, et al. Study on the effect of low-tillage soil ecology [J]. Tillage and Cultivation, 2006(5): 10-12. (in Chinese)
- [4] 周礼恺. 土壤酶学 [M]. 北京:科学出版社,1987.
Zhou L K. Soil enzymology [M]. Beijing: Science Press, 1987. (in Chinese)
- [5] 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.
Cao H, Sun H, Yang H, et al. A review soil enzyme activity and its indication for soil quality [J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2003, 9(1): 105-109. (in Chinese)
- [6] 米国全,袁丽萍,龚元石,等. 不同水氮供应对日光温室番茄土壤酶活性及生物环境影响的研究 [J]. 农业工程学报,2005,21(7):124-127.
Mi G Q, Yuan L P, Gong Y S, et al. Influences of different water and nitrogen supplies on soil biological environment in solar greenhouse [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(7): 124-127. (in Chinese)
- [7] 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.
Zhang Y H, Wu M, He P, et al. Research advance of the relationship between soil enzyme activity and soil fertility [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2007, 35(34): 11139-11142. (in Chinese)
- [8] 姜桂英,黄绍敏,郭斗斗. 不同耕作和轮作方式下作物生育期内土壤酶活性的动态变化特征 [J]. 河南农业大学学报,2009,43(3):335-341.
Jiang G Y, Huang S M, Guo D D. Dynamic changes of soil enzyme activities during growth of corps under different tillage types and rotations [J]. Journal of Henan Agricultural University, 2009, 43(3): 335-341. (in Chinese)
- [9] 高秀君,张仁陟,杨招弟. 不同耕作方式对旱地土壤酶活性动态的影响 [J]. 土壤通报,2008,39(5):1012-1016.
Gao X J, Zhang R Z, Yang Z D. Effects of different tillage practices on the dynamics of soil enzyme activities in dryland [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2008, 39(5): 1012-1016. (in Chinese)
- [10] 关松荫. 土壤酶及其研究法 [M]. 北京:农业出版社,1986.
Guan S Y. Soil enzymes and the research method [M]. Beijing: Agriculture Press, 1986. (in Chinese)
- [11] 严昶升. 土壤肥力研究方法 [M]. 北京:农业出版社,1988.
Yan C S. Research methods of soil fertility [M]. Beijing: Agriculture Press, 1988. (in Chinese)
- [12] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法 [M]. 北京:科学出版社,1985.
Chinese Academy of Sciences, Soil Microbial of Nanjing Institute. Soil microbial research method [M]. Beijing: Science Press, 1985. (in Chinese)
- [13] 宋 日,吴春胜,牟金明,等. 玉米生育期内土壤微生物量碳和酶活性动态变化特征 [J]. 吉林农业大学学报,2001,23(2):13-16.
Song R, Wu C S, Mou J M, et al. Dynamic changes of soil microbial biomass carbon and soil enzyme activities during growth of corn [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2001, 23(2): 13-16. (in Chinese)
- [14] 王聪翔,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初报 [J]. 辽宁农业科学,2005(6):16-18.
Wang C X, Wen J, Sun W T, et al. Study on dynamic changes of conservation tillage practices in different soil enzymes preliminary [J]. Liaoning Agricultural Science, 2005(6): 16-18. (in Chinese)
- [15] Mahia J, Martin A, Carballas T, et al. Atrazine degradation and enzyme activities in an agricultural soil under two tillage systems [J]. Science of the Total Environment, 2007(378): 187-194.
- [16] 刘秀梅,李 琪,梁文举,等. 潮棕壤免耕农田土壤酶活性的动态变化 [J]. 应用生态学报,2006,17(12):2347-2351.
Liu X M, Li Q, Liang W J, et al. Dynamics of aquic brown soil enzyme activities under no-tillage [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(12): 2347-2351. (in Chinese)