

噻酮·异噁唑对玉米根际土壤微生物量碳、氮和酶活性的影响

滕春红¹, 王博¹, 刘志华², 岳建超¹, 冯曦茹¹,
马艺倩¹, 顾元琳¹, 陶波^{1*}

(1. 东北农业大学农学院, 哈尔滨 150030; 2. 东北农业大学资源与环境学院, 哈尔滨 150030)

摘要 为明确噻酮·异噁唑对玉米根际土壤微生物量碳、氮及酶活性的影响,采用田间试验的方法,测定了田间推荐剂量、5倍推荐剂量和10倍推荐剂量的噻酮·异噁唑土壤封闭处理对玉米根际土壤微生物量碳、氮及土壤脲酶、过氧化氢酶、蔗糖酶、中性磷酸酶和脱氢酶活性的影响。结果表明,推荐剂量的噻酮·异噁唑处理后,玉米根际微生物量碳、氮与对照无显著差异,处理后28 d,5倍推荐剂量和10倍推荐剂量处理的玉米根际土壤微生物量碳、氮受到抑制,与对照有显著差异。推荐剂量的噻酮·异噁唑对玉米根际土壤酶活性影响小,与对照无显著差异,5倍和10倍推荐剂量的噻酮·异噁唑对土壤脲酶、过氧化氢酶、蔗糖酶和脱氢酶活性具有抑制作用,但试验后期可恢复到对照水平,5倍和10倍推荐剂量的噻酮·异噁唑对中性磷酸酶活性有显著的抑制作用,施药后不可恢复到对照水平。研究表明:推荐剂量的噻酮·异噁唑对玉米根际土壤微生物量碳、氮及土壤酶活性的影响小,试验后期可恢复到对照水平。

关键词 噻酮·异噁唑; 玉米; 根际土壤; 微生物; 酶活性

中图分类号: S 482.4 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019660

Effects of thien carbazon-methyl · isoxaflutole on soil microbial biomass C, N and soil enzyme activities in maize rhizosphere

TENG Chunhong¹, WANG Bo¹, LIU Zhihua², YUE Jianchao¹, FENG Xiru¹,
MA Yiqian¹, GU Yuanlin¹, TAO Bo^{1*}

(1. College of Agriculture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China;
2. College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract To evaluate the effect of thien carbazon-methyl · isoxaflutole on the soil microbial biomass C, N and enzyme activities in maize rhizosphere soil, field experiments were conducted to study the effects of the recommended dosage, 5-fold and 10-fold of recommended dosage of thien carbazon-methyl · isoxaflutole on the soil microbial biomass carbon, nitrogen, soil urease, catalase, sucrase, neutral phosphatase and dehydrogenase activity in maize rhizosphere soil. The results showed that there was no significant difference in microbial biomass carbon and nitrogen between the recommended dosage of thien carbazon-methyl · isoxaflutole and the control. On the 28th day after the treatment, the microbial biomass carbon and nitrogen in the rhizosphere of maize treated with 5-fold of the recommended dosage and 10-fold of the recommended dosage were inhibited, which was significantly different from the control. The activities of urease, catalase, sucrase and dehydrogenase in maize rhizosphere soil were inhibited by 5-fold and 10-fold recommended dosage of thien carbazon-methyl · isoxaflutole, while the activity of neutral phosphatase was significantly inhibited by 5-fold and 10-fold recommended dosage of thien carbazon-methyl · isoxaflutole. The inhibition effect could not be restored to the control level. The results suggested that the recommended dosage of thien carbazon-methyl · isoxaflutole had little effect on the microbial

收稿日期: 2019-11-29 修订日期: 2020-12-30

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201803)

* 通信作者 E-mail: botaol@163.com

biomass C, N and soil enzyme activity of maize rhizosphere soil, which could be restored to the control level in the later stage of the experiment.

Key words thien carbazon-methyl • isoxaflutole; maize; rhizosphere soil; microorganism; enzyme activity

土壤微生物是土壤生态系统中的重要组成部分,对土壤肥力的形成、土壤生态系统的组成循环等具有重要的意义。农田施用的化学农药绝大部分散落于土壤中,从而对土壤微生物产生一定的影响。因此,化学农药在农田施用后对土壤微生物的影响已成为评价其安全性的一个指标,也是农药生态毒理学研究的热点之一^[1-2]。土壤酶是土壤新陈代谢的重要因素,土壤中的酶同生活着的微生物细胞一起推动着物质转化,在土壤碳、氮、磷循环过程中具有重要的作用。土壤酶的活性反映了土壤中进行的各种生物化学过程的强度和方向。土壤酶的活性易受环境中物理、化学和生物等诸因素的影响,尤其在污染条件下土壤酶的活性变化很大,因此土壤酶活性作为一项生态毒理学指标,被许多学者用来判断外来物质对土壤的污染程度及可能对生态环境造成的影响^[3-6]。

26%噻酮·异噁唑悬浮剂是2016年德国拜耳作物科学公司开发的玉米田除草剂,由异噁唑草酮(isoxaflutole)、噻酮磺隆(thien carbazon-methyl)及保护剂复配而成。噻酮·异噁唑杀草谱广,对玉米安全,可有效防除65种禾本科杂草和阔叶杂草,如野黍 *Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth、马唐 *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.、反枝苋 *Amaranthus retroflexus* L.、狗尾草 *Setaria viridis* (L.) Beauv.、牛筋草 *Eleusine indica* (L.) Gaertn.、藜 *Chenopodium album* L.、稗 *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv. 和苘麻 *Abutilon theophrasti* Medicus 等。可通过土壤封闭、苗后早期茎叶以及遇水激活三重除草机制来达到除草效果,使用适期灵活,玉米3叶1心前均可使用,控草时间长达45 d,适用于免耕、少耕等多种耕作系统,用药量极低,是玉米田苗前封闭处理较为理想的土壤处理剂^[7-9]。国内外对于噻酮·异噁唑草酮的报道主要集中在品种介绍、除草活性和复配制剂活性等方面^[9-11],关于其对玉米根际土壤微生物和酶活性的影响未见报道。

为了阐明噻酮·异噁唑对玉米根际土壤微生物量碳、氮及酶活性的影响,为其在玉米田的进一步推广应用提供参考,测定了噻酮·异噁唑对玉米根际土壤微生物量碳、氮及土壤脲酶、过氧化氢酶、蔗糖酶、中性磷酸酶和脱氢酶活性的影响。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验设于哈尔滨市东北农业大学校内试验基地,属温带大陆性季风气候,土壤属于松嫩平原退化黑土类型。试验用地的土壤基本理化性质为有机质(SOM) 32.1 g/kg,全氮(TN) 1.35 g/kg,碱解氮(AN) 190.4 mg/kg,速效钾(AK) 138.7 mg/kg,土壤pH 7.19。

1.2 试验材料

1.2.1 除草剂

26%噻酮·异噁唑悬浮剂,德国拜耳作物科学公司生产。

1.2.2 试剂

浓硫酸、高锰酸钾、草酸、过氧化氢、甲苯、尿素、柠檬酸、氢氧化钾、氢氧化钠、苯酚、乙醇、甲醇、丙酮、次氯酸钠、硫酸铵、二硝基水杨酸、酒石酸钾钠、磷酸氢二钠、磷酸二氧钾、蔗糖、葡萄糖、苯甲酸等。

S-NP试剂盒、SDHA试剂盒(苏州科铭生物技术有限公司)。

1.2.3 仪器设备

KNAPSACK Hydraulic Sprayer 背负式喷雾器、双光束紫外可见分光光度计(TU-1901)、抽滤机、摇床、高速冷冻离心机 ST 16R、消煮炉和凯氏定氮仪等。

1.3 试验设计

5月11日进行玉米(‘嫩单8’)播种,玉米播种后3 d进行土壤喷雾处理,噻酮·异噁唑的施药剂量分别为117 g/hm² (T1,田间推荐剂量。文中均为有效成分用量)、585 g/hm² (T5,5倍田间推荐剂量)和1170 g/hm² (T10,10倍田间推荐剂量),另设清水对照(CK)。每个处理4次重复,小区面积21 m²,随机区组设计。每个小区设置1 m隔离带。采用KNAPSACK Hydraulic Sprayer 背负式喷雾器,喷液量300 L/hm²。分别于施药后7、14、21 d和28 d,在试验小区内按“S”型随机选取4个样点,每个样点采用破坏根际法收取根际土样^[2],对采集的根际土壤立即进行土壤微生物量碳、氮以及土壤酶活性测定。

1.4 测定项目及方法

理化性质指标:采用 5 点取样法,取未施药的土壤于无菌自封袋中,带回实验室风干,过筛后进行分析^[12]。

土壤微生物量碳测定:称取新鲜土样,用 K_2SO_4 溶液浸提振荡测定,取等量土壤进行熏蒸,熏蒸 24 h 后取出进行浸提测定,以熏蒸和未熏蒸的土壤样品提取液中全碳含量的差值乘以系数进行计算^[13]。

土壤微生物量氮测定:采用凯氏定氮仪测定土壤提取液全氮含量,以熏蒸和未熏蒸土壤提取液全氮含量的差值除以系数,得到土壤微生物氮含量^[14]。

土壤酶活性测定方法:脲酶采用苯酚-次氯酸钠比色法测定,过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定法测定,蔗糖酶采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定^[15],中性磷酸酶采用 S-NP 试剂盒,脱氢酶采用 SDHA 试剂盒。

1.5 数据处理与分析

采用 Microsoft Excel 2010 进行数据统计,SPSS 21.0 软件采用单因素(One-way ANOVA)方差分析。

2 结果与分析

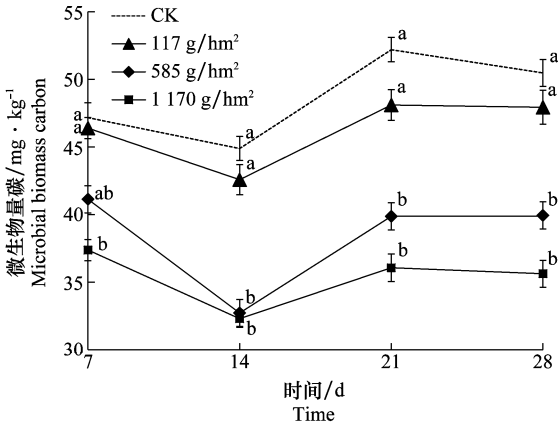
2.1 噻酮·异噁唑对玉米根际土壤微生物量碳、氮的影响

2.1.1 噻酮·异噁唑对玉米根际土壤微生物量碳的影响

噻酮·异噁唑对玉米根际土壤微生物量碳的影响如图 1 所示,结果表明:在整个试验阶段,噻酮·异噁唑各处理均会抑制微生物量碳。施药 7 d 后,各处理的微生物量碳含量均下降,但仅 10 倍推荐剂量处理的土壤微生物量碳与对照差异显著。施药 14 d 后,推荐剂量、5 倍推荐剂量和 10 倍推荐剂量处理的土壤微生物量碳与对照相比分别下降了 5.14%、27.09%和 28.03%,5 倍推荐剂量和 10 倍推荐剂量的微生物量碳与对照达到显著差异。此后随着处理时间的延长,土壤微生物量碳逐渐恢复,处理后 28 d,推荐剂量的噻酮·异噁唑处理的微生物量碳含量基本恢复到对照水平,与对照无显著差异,但 5 倍推荐剂量和 10 倍推荐剂量处理后微生物量碳分别比对照下降了 20.87%和 29.42%,与对照有显著差异。

2.1.2 噻酮·异噁唑对玉米根际土壤微生物量氮的影响

噻酮·异噁唑对玉米根际土壤微生物量氮的影



同一处理时间后不同小写字母代表差异显著($P < 0.05$, Duncan 氏新复极差法)。下同
Different lowercase letters in the same time represent significant difference ($P < 0.05$, Duncan's new multiple range method). The same below

图 1 噻酮·异噁唑对玉米根际土壤微生物量碳的影响
Fig. 1 Effects of thien carbazon-methyl · isoxaflutole on maize rhizosphere soil on microbial biomass carbon

响如图 2 所示,结果表明:在整个试验阶段,噻酮·异噁唑各处理均会抑制土壤微生物量氮。施药 7 d 后,各处理的微生物量氮均下降,但与对照之间无显著差异。施药 14 d 后,推荐剂量、5 倍推荐剂量和 10 倍推荐剂量处理的土壤微生物量氮含量分别比对照下降了 5.91%、14.60%和 18.93%。此后随着处理时间的延长,土壤微生物量氮逐渐恢复,处理 28 d 后,推荐剂量的噻酮·异噁唑处理的微生物量氮含量基本恢复到对照水平,与对照无显著差异,但 5 倍推荐剂量和 10 倍推荐剂量处理后微生物量氮含量分别比对照下降了 16.51%和 21.24%,与对照有显著差异。

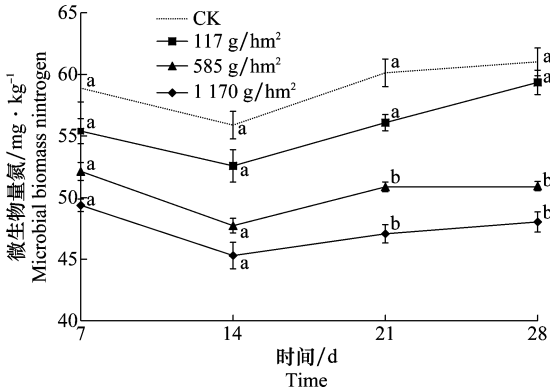


图 2 噻酮·异噁唑对玉米根际土壤微生物量氮的影响
Fig. 2 Effects of thien carbazon-methyl · isoxaflutole on maize rhizosphere soil on microbial biomass nitrogen

2.2 噻酮·异噁唑对玉米根际土壤酶活性的影响

2.2.1 噻酮·异噁唑对玉米根际土壤脲酶活性的影响

从图3可以看出,施药7 d后,各处理的噻酮·异噁唑对玉米根际土壤脲酶活性并无影响,与对照未达到显著差异。噻酮·异噁唑处理14 d后,5倍推荐剂量和10倍推荐剂量处理的土壤脲酶活性均低于对照,分别下降了30.67%和33.23%,与对照达到显著差异。噻酮·异噁唑处理21 d后,推荐剂量、5倍推荐剂量和10倍推荐剂量处理的玉米根际土壤脲酶活性与对照无显著差异。

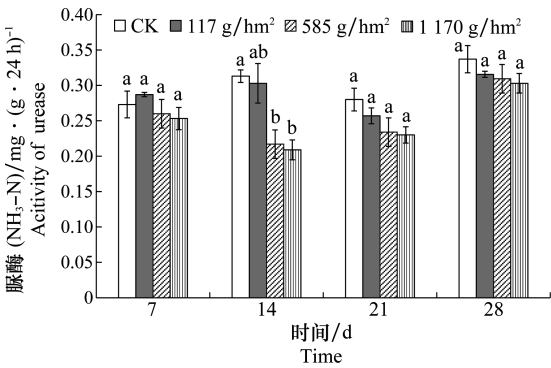


图3 噻酮·异噁唑对玉米根际土壤脲酶活性的影响

Fig. 3 Effects of thien carbazon-methyl · isoxaflutole on maize rhizosphere soil on urease activity

2.2.2 噻酮·异噁唑对玉米根际土壤过氧化氢酶活性的影响

从图4可以看出,施用噻酮·异噁唑对玉米根际土壤过氧化氢酶活性影响较小,在整个试验过程中,各处理的玉米根际土壤过氧化氢酶活性均未与对照达到显著差异。

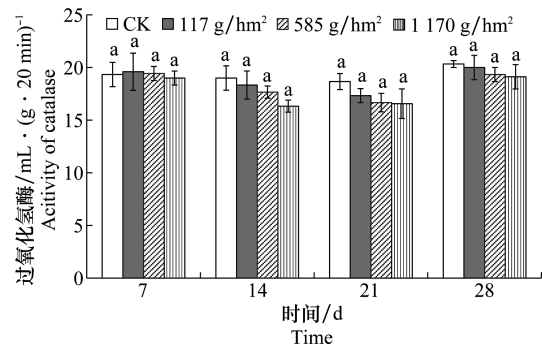


图4 噻酮·异噁唑对玉米根际土壤过氧化氢酶活性的影响

Fig. 4 Effects of thien carbazon-methyl · isoxaflutole on maize rhizosphere soil on catalase activity

2.2.3 噻酮·异噁唑对玉米根际土壤中中性磷酸酶活性的影响

从图5可以看出,噻酮·异噁唑处理7 d后,与对照相比,5倍推荐剂量、10倍推荐剂量处理下的玉米根际土壤中中性磷酸酶活性提高,且酶活性随着噻酮·异噁唑施用剂量的增加而提高,与对照相比,中性磷酸酶活性分别提高了65.82%和68.18%,与对照存在显著差异。施药14 d后,10倍推荐剂量处理下的玉米根际土壤中中性磷酸酶活性略高于对照,与对照存在显著差异。随着施药时间的延长,5倍推荐剂量、10倍推荐剂量噻酮·异噁唑处理下的玉米根际土壤中中性磷酸酶活性均低于对照土壤,并且抑制作用与药剂剂量呈正相关。施药21 d后,5倍推荐剂量和10倍推荐剂量处理的中性磷酸酶活性分别比对照下降了42.74%和56.77%,并与对照存在显著差异。施药28 d后,5倍推荐剂量和10倍推荐剂量处理的中性磷酸酶活性均低于对照,分别比对照降低了30.43%和67.72%,并与对照存在显著差异,在整个试验阶段,推荐剂量处理下玉米根际土壤中中性磷酸酶活性与对照未达到显著差异。

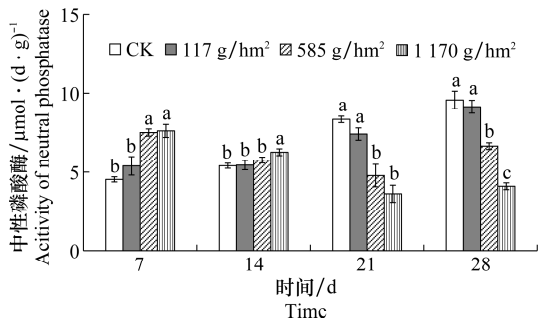


图5 噻酮·异噁唑对玉米根际中性磷酸酶活性的影响

Fig. 5 Effects of thien carbazon-methyl · isoxaflutole on maize rhizosphere soil on neutral phosphatase activity

2.2.4 噻酮·异噁唑对玉米根际土壤蔗糖酶活性的影响

噻酮·异噁唑对玉米根际土壤蔗糖酶活性的影响如图6所示,施药7 d后,与对照相比,噻酮·异噁唑各处理对玉米根际土壤蔗糖酶活性均表现为抑制作用,推荐剂量、5倍推荐剂量和10倍推荐剂量处理对玉米根际土壤蔗糖酶活性的抑制率分别为17.50%、20.74%和30.50%,均与对照达到显著差异。施药14 d后,只有10倍推荐剂量处理的玉米

根际土壤蔗糖酶活性与对照达到显著差异。施药 21 d 后,各处理的玉米根际土壤蔗糖酶活性与对照均无显著差异。

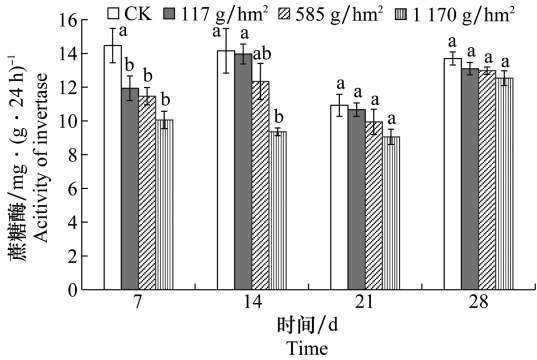


图 6 噻酮·异噁唑对玉米根际蔗糖酶活性的影响
Fig. 6 Effects of thien carbazon-methyl isoxaflutole on maize rhizosphere soil on invertase activity

2.2.5 噻酮·异噁唑对玉米根际土壤脱氢酶活性的影响

从图 7 可以看出,施药 7 d 后,噻酮·异噁唑各处理的土壤脱氢酶活性均与对照存在显著差异。施药 14 d 后,5 倍推荐剂量和 10 倍推荐剂量处理的玉米根际土壤脱氢酶活性均与对照存在显著差异。施药 21 d 后,噻酮·异噁唑各处理的土壤脱氢酶活性均与对照存在显著差异。施药 28 d 后,推荐剂量和 5 倍推荐剂量处理的土壤脱氢酶活性与对照无显著差异。

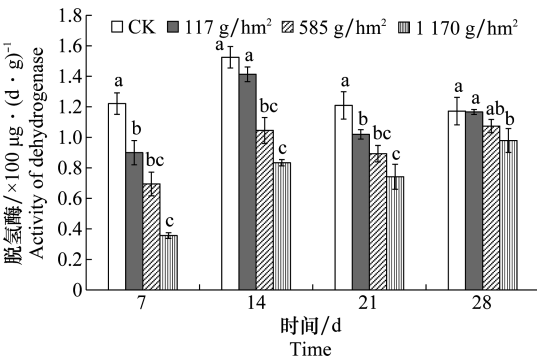


图 7 噻酮·异噁唑对玉米根际脱氢酶活性的影响
Fig. 7 Effects of thien carbazon-methyl isoxaflutole on maize rhizosphere soil on dehydrogenase activity

3 结论与讨论

微生物量可作为反映土壤微生物整体活性的指标。本试验发现,推荐剂量的噻酮·异噁唑处理后,玉米根际土壤微生物量碳、氮与对照无显著差异,处

理后 28 d,5 倍推荐剂量和 10 倍推荐剂量处理的玉米根际土壤微生物量碳、氮受到抑制,与对照有显著差异。这可能是随着除草剂施用量的增加,土壤微生物量受到抑制,但随着施药时间的延长,除草剂分解后对微生物的毒性逐渐减弱^[16]。

土壤酶是存在于土壤中的生物催化剂,能积极参与土壤内各种生化反应过程^[17-20],且土壤酶活性会受到除草剂剂量的影响^[21]。本试验表明,推荐剂量的噻酮·异噁唑处理后,玉米根际土壤脲酶活性变化趋势为促进—抑制—恢复,这与张昀等报道的吡啶磺隆和二氯喹啉酸对土壤脲酶的变化趋势^[22]相似,高剂量的噻酮·异噁唑处理后,玉米根际土壤脲酶活性受到抑制,这与周世雄等报道的氟磺胺草醚对大豆根际土壤脲酶活性的影响相似,说明高浓度的噻酮·异噁唑会对玉米根际土壤脲酶表现一定毒性^[2]。本试验发现噻酮·异噁唑对土壤蔗糖酶活性有抑制作用,但在 28 d 时可恢复至对照水平,这与付艳艳^[23]研究的磺酰脲类除草剂对土壤中蔗糖酶活性有一定抑制作用的结果相似。噻酮·异噁唑抑制了玉米根际土壤的脱氢酶活性,且抑制程度与噻酮·异噁唑剂量呈正相关,这与李永红等^[24]研究高剂量的单嘧磺隆能显著抑制土壤脱氢酶的活性以及 Tomkiel 等^[6]研究的氟噻草胺与异噁唑草酮混配抑制了土壤中脱氢酶活性的结果相符。在试验前期,与对照相比,高剂量噻酮·异噁唑对玉米根际土壤中的中性磷酸酶活性有刺激作用,施药 21 d 后,噻酮·异噁唑对玉米根际土壤中中性磷酸酶均表现出抑制作用,且剂量越高,抑制作用越明显,这与 Tomkiel 等研究发现氟噻草胺与异噁唑草酮的混剂对碱性磷酸酶的影响的结果相近^[6]。这可能是由于噻酮·异噁唑的渗透,为微生物生长提供了能量来源,从而表现为激活作用,但随着时间的延长,5 倍和 10 倍推荐剂量的噻酮·异噁唑对微生物则产生一定的毒性,从而降低了土壤中有机磷的转化速度。

不同除草剂对土壤微生物及酶活性的影响不同,这与除草剂的结构、用量、环境等因素有关,本试验表明推荐剂量的噻酮·异噁唑对玉米根际土壤微生物量及酶活性影响较小,可在玉米田进一步推广应用。

参考文献

[1] 刘亚光,李洁,唐广顺. 异噁唑草酮对土壤微生物和土壤酶活性

- 的影响[J]. 植物保护, 2010, 36(3): 85-88.
- [2] 周世雄, 魏朝俊, 胡海燕, 等. 氟磺胺草醚对大豆根际土壤微生物和酶活性的影响及其在根际的降解[J]. 植物营养与肥料学报, 2018, 24(1): 203-211.
- [3] 孙约兵, 王润琰, 徐应明, 等. 除草剂硝磺草酮对土壤微生物生态效应研究[J]. 中国环境科学, 2016, 36(1): 190-196.
- [4] 郑景瑶, 王百慧, 岳中辉, 等. 氟磺胺草醚对黑土微生物数量及酶活性的影响[J]. 植物保护学报, 2013, 40(5): 468-472.
- [5] KUCHARSKI J, TOMKIEL M, BAĆMAGA M, et al. Enzyme activity and microorganisms diversity in soil contaminated with the Boreal 58 WG herbicide [J]. Journal of Environmental Science and Health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes, 2016, 51(7): 446-454.
- [6] TOMKIEL M, BAĆMAGA M, BOROWIK A, et al. Effect of a mixture of flufenacet and isoxaflutole on population numbers of soil-dwelling microorganisms, enzymatic activity of soil, and maize yield [J]. Journal of Environmental Science and Health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes, 2019, 54(10): 1-11.
- [7] PALLETT K E, CRAM S M, LITTLE J P, et al. Isoxaflutole: the background to its discovery and the basis of its herbicidal properties [J]. Pest Management Science, 2001, 57: 133-142.
- [8] BHOWMIK P C, KUSHWAHA S, MITRA S. Response of various weed species and corn (*Zea mays*) to RPA 20172 [J]. Weed Technology, 1999, 13(3): 504-509.
- [9] 刘煜财, 郑建波, 李德春, 等. 26.7%噁唑草酮悬浮剂对玉米田杂草防效及安全性[J]. 农药, 2012, 51(12): 912-914.
- [10] 高兴祥, 孙作文, 李美, 等. 异噁唑草酮防除玉米田杂草及玉米安全性效果测定[J]. 玉米科学, 2016, 24(5): 157-160.
- [11] 卢宗志, 祝彦海, 李洪鑫, 等. 异噁唑草酮单用及混用对玉米田杂草的防治效果[J]. 农药, 2017, 56(11): 840-843.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第3版. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [13] 崔正果, 李秋祝, 张恩萍, 等. 玉米秸秆不同还田方式对土壤有机质及微生物数量的影响[J]. 玉米科学, 2018, 26(6): 104-109.
- [14] 赵伟, 孙泰朋, 田宗泽, 等. 秸秆配施低温菌剂直接还田对黑土土壤碳、氮的影响[J]. 玉米科学, 2018, 26(3): 147-152.
- [15] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1987.
- [16] 姚斌, 张超兰. 除草剂对土壤微生物生物量碳、氮及呼吸的影响[J]. 生态环境, 2008(2): 580-583.
- [17] SUDIPTA T, ASHIS C, KALYAN C, et al. Enzyme activities and microbial biomass in coastal soils of India [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2007, 39(11): 2840-2848.
- [18] 吴小林, 付立林, 贺小兵, 等. 草甘膦对稻田土壤酶活力与土壤呼吸强度的影响[J]. 湖南农业科学, 2011(17): 86-88.
- [19] GE G F, LI Z J, ZHANG J, et al. Geographical and climatic differences in long-term effect of organic and inorganic amendments on soil enzymatic activities and respiration in field experimental stations of China [J]. Ecological Complexity, 2009, 6(4): 421-431.
- [20] GIANFREDA L, RAO M A, PIOTROWSKA A, et al. Soil enzyme activities as affected by anthropogenic alterations: intensive agricultural practices and organic pollution [J]. Science of the Total Environment, 2004, 341(1): 265-279.
- [21] 宋福强, 范晓旭, 常伟, 等. 苜蓿菌根对土壤中阿特拉津降解及酶活性影响[J]. 中国农学通报, 2016, 32(30): 182-187.
- [22] 张响, 关连珠, 胡克伟, 等. 吡啶磺隆二氯喹啉酸对土壤呼吸强度和酶活性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(S1): 73-76.
- [23] 付艳艳. 苄嘧磺隆和烟嘧磺隆对土壤中微生物活性的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2013.
- [24] 李永红, 高玉葆. 单嘧磺隆对土壤呼吸脱氢酶和转化酶活性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(6): 1176-1181.
- (责任编辑: 田 喆)
-
- (上接 102 页)
- [15] 古翼瑞. 成都平原以水稻为核心的种植模式综合效益分析与评价[D]. 成都: 四川农业大学, 2016.
- [16] 梁会民, 赵军. 小流域综合治理的生态经济效益评估研究[J]. 生态经济, 2001(8): 12-14.
- [17] 王军强, 陈存根, 李同升. 陕西黄土高原小流域治理效益评价与模式选择[J]. 水土保持通报, 2003, 23(6): 61-64.
- [18] 康玲玲, 王云璋, 王霞. 小流域水土保持综合治理效益指标体系及其应用[J]. 土壤与环境, 2002, 11(3): 274-278.
- [19] 常茂德, 赵诚信. 黄土高原地区不同类型区水土保持综合治理模式研究与评价[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1995.
- [20] 曾士迈. 植保系统工程导论[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1994.
- [21] 乔梅. 陕北退耕区水土保持技术评估[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2019.
- [22] SATTY T L. The analytical hierarchy process[M]. New York: Mc Graw-Hill Inc, 1980.
- [23] CHANG Dayong. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP [J]. European Journal of Operational Research, 1996, 95(3): 649-655.
- [24] 朱海娟. 宁夏荒漠化治理综合效益评价研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- (责任编辑: 田 喆)