

# 秸秆、猪粪混施对麦田根际土壤过氧化氢酶与蔗糖酶活性的影响<sup>①</sup>

邓欧平, 李 翰, 熊 雷, 邓良基\*, 周 伟, 贾凡凡

(四川农业大学资源学院, 成都 611130)

**摘 要:** 本研究于 2012—2014 年在成都平原稻麦轮作区开展田间试验, 分析秸秆、猪粪施用对小麦各生育期根际及非根际酶活性的动态变化影响, 为种养废弃物的合理施用提供科学依据。试验共设置不施肥对照、纯化肥、秸秆全量还田+纯化肥、秸秆全量还田+低量猪粪替代化肥、秸秆全量还田+高量猪粪替代化肥等 5 个处理。结果表明, 同一处理下的根际土壤过氧化氢酶和蔗糖酶活性均显著强于非根际土壤( $P<0.05$ ); 猪粪还田处理能提高土壤的过氧化氢酶活性, 秸秆和猪粪还田处理能提高土壤蔗糖酶的活性; 从小麦的整个生育期来看, 其根际及非根际土壤过氧化氢酶活性均呈减弱趋势; 而根际土壤蔗糖酶活性在小麦生育期内存在较大波动, 非根际蔗糖酶活性呈“单峰”变化。

**关键词:** 秸秆; 猪粪; 土壤酶活性

中图分类号: S712 文献标识码: A

2015 年中央一号文件明确指出, 在农业生产成本攀升、农业资源短缺、环境污染加重的背景下, 必须走出一条产出高效、产品安全、资源节约、环境友好的现代农业发展道路。近年来, 随着我国农业产业的发展, 以秸秆、畜禽粪便为主的农业废弃物数量日益增加<sup>[1-2]</sup>, 据估算, 我国每年生产的秸秆和畜禽粪便分别在 7 亿 t 和 45 亿 t 左右<sup>[3-4]</sup>。在集约化程度和产量不断提高的条件下, 还会有更大数量的农业废弃物产生<sup>[5]</sup>。农田消纳是农业废弃物资源化利用的一个重要途径<sup>[6-8]</sup>, 施用农业废弃物能够有效降低耕层土壤体积质量, 增加土壤养分含量<sup>[9]</sup>。但因农业废弃物释肥速率慢, 与传统化肥有较大差异<sup>[5]</sup>, 很多学者围绕农业废弃物还田后的土壤理化性质、作物产量、土壤酶活性和土壤微生物<sup>[10-13]</sup>等展开研究, 试图解释其养分释放规律, 但对于根际与非根际土壤养分动态转运的研究相对较少。

土壤酶活性是表征土壤质量和土壤肥力的重要指标<sup>[14-15]</sup>, 在土壤生态系统的物质循环和能量流动方面具有主要的作用<sup>[16]</sup>, 也是衡量土壤质量变化的预警和敏感指标<sup>[17]</sup>。它能表征土壤的综合肥力特征及土壤养分转化进程, 预测土壤中各种生物化学过程的强度和方向<sup>[18]</sup>。过氧化氢酶和蔗糖酶是最常用的

土壤酶活性指标, 分别是氧化氢和蔗糖的代谢专一酶<sup>[19]</sup>, 对分解土壤过氧化氢, 促进活性碳转化有着重要的作用<sup>[20]</sup>。因此, 本研究通过设置不同废弃物施用量, 研究秸秆、猪粪施用下麦田根际及非根际相关酶活性的动态变化特征, 旨在解析成都平原农业废弃物还田后, 土壤肥料养分的转运机制, 以期在成都平原农业废弃物的资源化利用提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验分别在成都市都江堰天马镇(2012 年 10 月至 2013 年 5 月)和成都市崇州杞泉镇(2013 年 10 月至 2014 年 5 月)进行。其中天马镇试验地属淹育型水稻土, 杞泉镇试验地属渗育型水稻土, 基本理化性质见表 1。

两地均为成都平原主要粮食产区, 属中亚热带湿润气候, 年均气温 15.2 °C, 年均降水量 1 000 ~ 1 200 mm, 年均无霜期 280 d 以上。

### 1.2 试验设计

2012 年 9 月对都江堰市、崇州市主要稻麦轮作区的施肥情况调查后表明: 农户习惯施肥为尿素(纯 N 含量 460 g/kg), 折合纯 N 为 180 kg/hm<sup>2</sup>; 过磷酸

基金项目: 四川省科技支撑计划项目(2013NZ0027)资助。

\* 通讯作者(auh6@sicau.edu.cn)

作者简介: 邓欧平(1987—), 女, 四川泸州人, 博士, 讲师, 主要从事水土资源利用与保护方面的研究。E-mail: 182338008@qq.com

钙 ( $P_2O_5$  含量 120 g/kg) ,折合  $P_2O_5$  为 75 ~ 90 kg/hm<sup>2</sup> ; 氯化钾 ( $K_2O$  含量 600 g/kg) ,折合  $K_2O$  为 90 kg/hm<sup>2</sup> 。同时,因猪的种类、体重的不同,猪粪日排泄量为 1.5 ~ 3 kg ,鲜猪粪含水量为 780 g/kg (未与尿混合) ,经干湿分离后,2013 年试验用猪粪含水量 523.1 g/kg、全氮 8.1 g/kg、 $P_2O_5$  16.3 g/kg、 $K_2O$  5.7 g/kg ; 2014 年试验用猪粪含水量 572.7 g/kg、全氮 7.5 g/kg、 $P_2O_5$  18.5 g/kg、 $K_2O$  4.3 g/kg ,按施入量换算后可替代部分化肥。还田秸秆不参与养分计算。试验共设 5 个处理 (表 2)。

表 1 土壤基本理化性质  
Table 1 Basic properties of tested soil

地点	pH	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	全磷(g/kg)	全钾(g/kg)	硝态氮(mg/kg)	铵态氮(mg/kg)	有效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)
天马镇	6.54	28.3	2.28	0.83	30.9	4.03	0.40	7.9	101.2
桤泉镇	6.41	25.6	2.21	1.22	26.9	3.85	0.37	11.4	116.2

表 2 试验设计  
Table 2 Treatments of experiments

年度	处理	稻秆(kg/hm <sup>2</sup> )	猪粪 (kg/hm <sup>2</sup> )	化肥 (kg/hm <sup>2</sup> )		
				N	$P_2O_5$	$K_2O$
2012—2013	空白试验 CK	—	—	—	—	—
	常规施肥 CF	—	—	180	90	90
	稻秆全量还田 +常规施肥 T1	7 500	—	180	90	90
	稻秆全量还田+低量猪粪 T2	7 500	11 250	136.5	—	59.4
	稻秆全量还田+高量猪粪 T3	7 500	22 500	93.1	—	28.8
2013—2014	空白试验 CK	—	—	—	—	—
	常规施肥 CF	—	—	180	90	90
	稻秆全量还田+常规施肥 T1	7 500	—	180	90	90
	稻秆全量还田+低量猪粪 T2	7 500	11 250	143.9	—	69.3
	稻秆全量还田+高量猪粪 T3	7 500	22 500	107.9	—	48.7

注： 稻秆全量还田即以水稻产量 7 500 kg/hm<sup>2</sup>、谷杆比 1 : 1 将稻秆还田； 设 1 头猪鲜猪粪年排泄量为 1 t ,以小麦季每 667 m<sup>2</sup> 农田承载 3 头猪 0.5a 的排泄量为低量处理,承载 3 头猪 1a 的排泄量为高量处理。

供试小麦品种为良麦 4 号 ,由四川农业大学作物育种系提供,2012 年种植日期为 10 月 26 日,2013 年种植日期为 10 月 31 日,穴播入土,收获日期分别为 2013 年 5 月 16 日、2014 年 5 月 12 日。为保证处理间的可比性,化肥、猪粪均作为基肥一次性施入。试验采用随机区组设计,小区面积 5 m × 6 m = 30 m<sup>2</sup> ,3 次重复。各小区小麦单打单收,分别统计产量。

1.3 样品采集与分析

分别于小麦幼苗期 (12 月中旬)、分蘖期 (1 月下旬)、拔节期 (3 月上旬)、扬花期 (4 月中旬)和成熟期 (5 月中旬) 按 5 点混合取样法采集各小区小麦根际及非根际土样。非根际土样使用土钻于小麦行间采集,将小麦根挖出后,细心剥离根系外围土壤,收集黏附在根际周围(1 ~ 2 mm)土壤作为根际土样。采集的土样去除可见杂物后,分为两份装入密封袋带回实验室,一份风干磨细,一份保存于 4 ℃ 下,并于 7 d 内测定酶活性(其中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进行测定)。

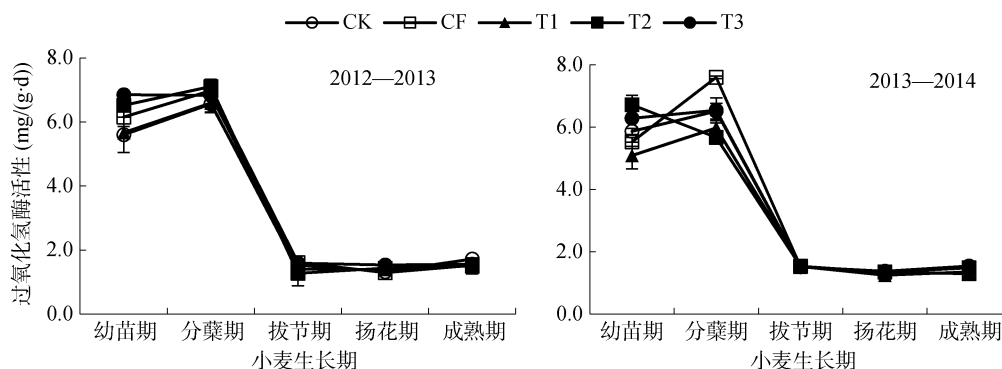
1.4 数据统计与分析

运用 SPSS16.0 单因素方差分析(ANOVA)、显著性检验(LSD)对各处理试验数据进行方差分析,运用皮尔逊(Pearson)法对土壤养分及土壤酶活性进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 种养废弃物施用对土壤过氧化氢酶活性的影响

2.1.1 根际土壤过氧化氢酶活性动态变化 两年试验中,各处理根际土壤过氧化氢酶活性变化基本一致,小麦幼苗期、分蘖期,根际土壤过氧化氢酶活性较强,均保持在 5 mg/(g·d) 以上;分蘖期后,各处理过氧化氢酶活性迅速降低,并于拔节期后稳定在 1.5 mg/(g·d) 左右(图 1)。猪粪施用处理下根际土壤过氧化氢酶活性在小麦幼苗期显著强于其他处理;而 CF 处理下过氧化氢酶活性在分蘖期亦处于较高水平,其中 2013—2014 年生长季显著强于其他处理。



(图中小写字母不同表示处理间差异达  $P<0.05$  显著水平, 下同)

图 1 各处理根际土壤过氧化氢酶活性动态变化

Fig. 1 Dynamic changes of soil catalase activities in rhizosphere in different wheat-growth stages

**2.1.2 非根际土壤过氧化氢酶活性动态变化** 两年试验中, 各处理非根际土壤过氧化氢酶活性变化趋势与根际土壤一致, 小麦幼苗期、分蘖期, 根际土壤过氧化氢酶活性较强, 均保持在  $4 \text{ mg}/(\text{g}\cdot\text{d})$  以上; 分

蘖期后, 各处理过氧化氢酶活性迅速下降, 并于拔节期后稳定在  $1.2 \text{ mg}/(\text{g}\cdot\text{d})$  左右。猪粪施用处理下非根际土壤过氧化氢酶活性在小麦幼苗期显著强于其他处理(图 2)。

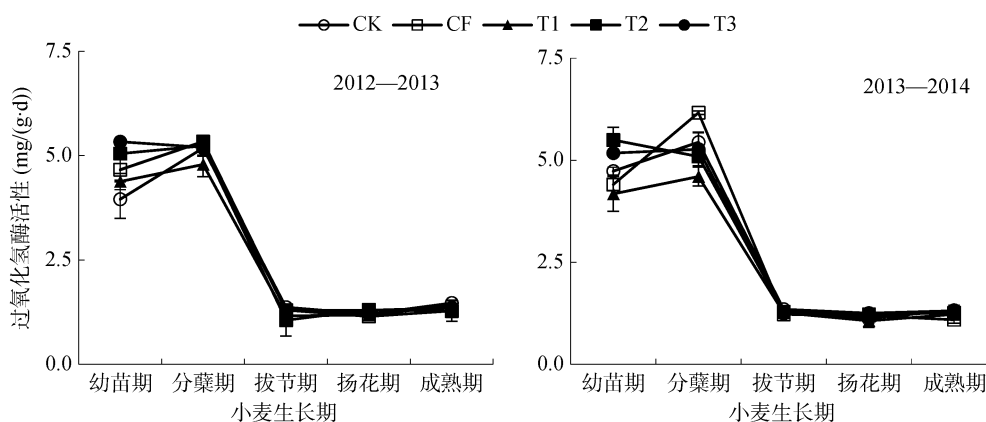


图 2 各处理非根际土壤过氧化氢酶活性动态变化

Fig. 2 Dynamic changes of soil catalase activities in non-rhizosphere in different wheat-growth stages

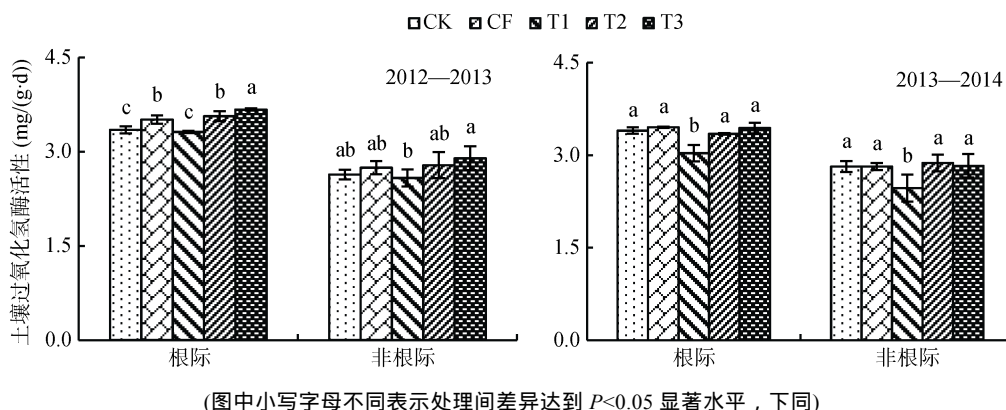
**2.1.3 种养废弃物施用对小麦全生育期土壤过氧化氢酶活性的影响** 与不施肥相比, 施肥处理在不同程度上提高了小麦全生育期根际土壤过氧化氢酶活性, 其中 2012—2013 年生长季中达显著水平( $P<0.05$ ) (图 3)。在废弃物施用处理间, 与未施猪粪相比, 高量猪粪施用在两年的试验中均显著提高土壤根际与非根际土壤过氧化氢酶活性( $P<0.05$ ), 低量猪粪施用显著提高根际土壤过氧化氢酶活性( $P<0.05$ )。而与单施化肥相比, 秸秆还田处理显著降低了根际土壤的过氧化氢酶活性( $P<0.05$ )。两年试验中, 同一处理下的根际土壤过氧化氢酶活性均显著强于非根际土壤( $P<0.05$ )(小麦全生育期土壤过氧化氢酶活性由每年小麦生长 5 个时期土壤过氧化氢酶活性整体取平均值所得)。

## 2.2 种养废弃物施用对土壤蔗糖酶活性的影响

**2.2.1 根际土壤蔗糖酶活性动态变化** 如图 4 所示, 不同处理下根际土壤蔗糖酶活性动态变化不同。2012—2013 年生长季, CK、CF、T3 处理蔗糖酶活性表现为先减弱后增强再减弱, 小麦幼苗期、扬花期活性较强; T1、T2 处理蔗糖酶活性则呈“M”型变化, 分蘖、扬花期活性较强, 幼苗、拔节、成熟期活性较弱; T1、T2 处理下根际土壤蔗糖酶活性在小麦生育前期的迅速增强使其在分蘖期显著高于其他处理( $P<0.05$ ), 而 CF 处理下蔗糖酶活性在小麦生育后期减弱幅度较小亦使其在成熟期显著高于其他处理( $P<0.05$ )。2013—2014 年生长季则不同, T1、T2 处理蔗糖酶活性表现为先减弱后增强再减弱, 小麦幼苗期、扬花期活性较强; CF、T3 处理蔗糖酶活性则呈“M”型变化, 分蘖、扬花期

活性较强, 幼苗、拔节、成熟期活性较弱; T2、T3 处理下蔗糖酶活性分别在幼苗期、分蘖期显著强于其他处理 ( $P<0.05$ ), 至小麦成熟期, CK、CF 及 T2 处理蔗糖酶活性显著强于 T1、T3 处理 ( $P<0.05$ )。综合两年试验

结果, 虽各处理根际土壤蔗糖酶活性动态变化不一致, 但整体表现为废弃物施用处理在小麦生育前期具有较强的蔗糖酶活性, 同时各施肥处理下蔗糖酶活性在小麦扬花期达活性高峰后均呈减弱趋势。



(图中小写字母不同表示处理间差异达到  $P<0.05$  显著水平, 下同)

图 3 各处理土壤过氧化氢酶活性

Fig. 3 Soil catalase activities in rhizosphere and non-rhizosphere under different treatments

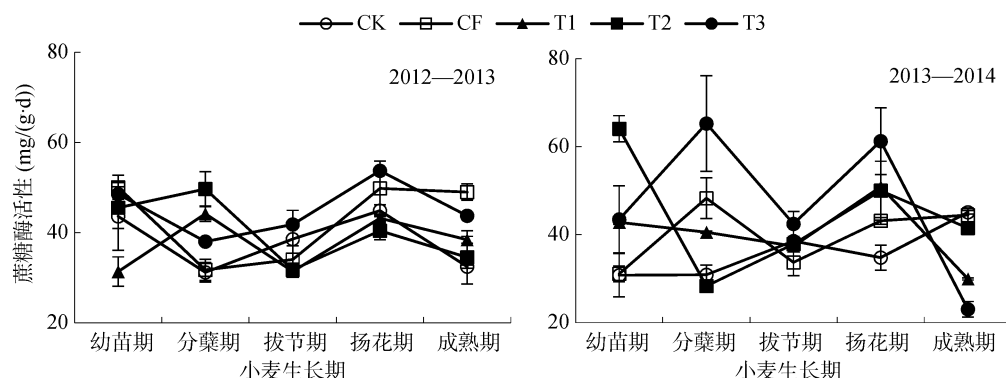


图 4 各处理根际土壤蔗糖酶活性动态变化

Fig. 4 Dynamic changes of soil invertase activities in rhizosphere in different wheat-growth stages

**2.2.2 非根际土壤蔗糖酶活性动态变化** 与根际土壤不同, 各处理非根际土壤蔗糖酶活性在两年试验中均表现为“单峰”变化, 由小麦幼苗期开始增强, 至拔节或扬花期达峰值后开始减弱(图 5)。废弃物施用处理下非根际土壤蔗糖酶活性在拔节期强于纯化肥及空白处理, 其中 2013—2014 年生长季达显著水平 ( $P<0.05$ )。

**2.2.3 种养废弃物施用对小麦全生育期土壤蔗糖酶活性的影响** 与不施肥相比, 施肥处理在不同程度上提高了小麦根际土壤蔗糖酶活性(图 6)。与单施化肥相比, 猪粪施用在一定程度上提高根际土壤蔗糖酶活性, 其中高量猪粪处理在两年的试验中均达显著水平 ( $P<0.05$ )。废弃物施用处理下, 根际土壤蔗糖酶活性随废弃物施用量的增加而增强。就非根际土壤来看, 加施全量秸秆(T1)较单施化肥可显著提高蔗糖酶

活性 ( $P<0.05$ ); 在秸秆全量还田的基础上, 用猪粪替代一部分化肥对蔗糖酶活性无显著影响 ( $P>0.05$ )。两年试验中, 同一处理的根际土壤蔗糖酶活性均显著高于非根际土壤 ( $P<0.05$ ) (小麦全生育期土壤蔗糖酶活性由每年小麦生长 5 个时期土壤蔗糖酶活性整体取平均值所得)。

### 2.3 土壤养分与土壤酶活性的相关分析

就根际土壤来看, 2012—2013 年生长季, 易氧化有机碳含量分别与过氧化氢酶活性、蔗糖酶活性呈显著、极显著正相关; 硝态氮、有效磷含量均与蔗糖酶活性呈显著正相关, 而铵态氮含量与 2 种酶活性的相关性均未达显著水平。2013—2014 年生长季, 易氧化有机碳和硝态氮含量均与蔗糖酶活性呈极显著相关, 铵态氮和有效磷含量均与蔗糖酶活性呈显著正相关。非根际土壤则略有不同, 2012—2013 年生长季, 易氧化有机碳含量与 2 种酶均呈显著或极显著相关, 硝态氮含量与蔗

糖酶呈显著相关。2013—2014 生长季,易氧化有机碳与蔗糖酶呈极显著正相关,铵态氮、硝态氮和有效磷与蔗糖酶呈显著正相关。可见蔗糖酶能较好地反映土壤的速效养分,可用于评价土壤的当季肥力。

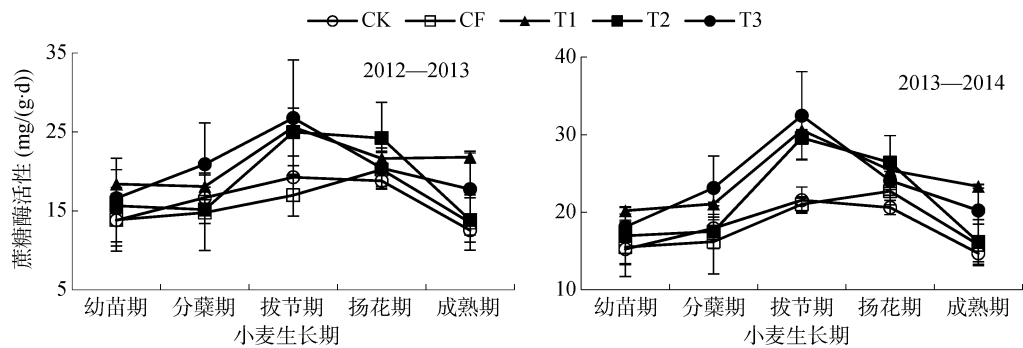


图 5 各处理非根际蔗糖酶活性动态变化  
Fig. 5 Dynamic changes of soil invertase activities in non-rhizosphere in different wheat-growth stages

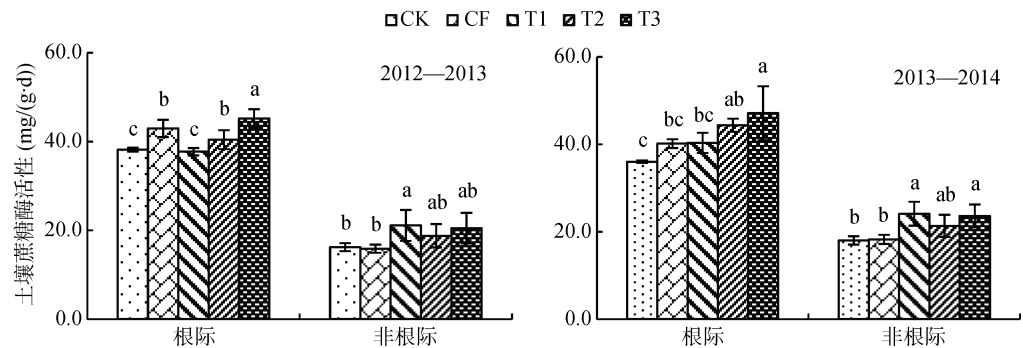


图 6 各处理土壤蔗糖酶活性  
Fig. 6 Soil invertase activities in rhizosphere and non-rhizosphere under different treatments

表 3 根际土壤养分与土壤酶活性简单相关分析  
Table 3 Correlation coefficients between soil chemical properties and enzyme activities

土壤养分	2012—2013 年				2013—2014 年			
	根际		非根际		根际		非根际	
	过氧化氢酶	蔗糖酶	过氧化氢酶	蔗糖酶	过氧化氢酶	蔗糖酶	过氧化氢酶	蔗糖酶
POXC	0.621*	0.651**	0.547*	0.728**	0.023	0.733**	0.093	0.699**
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	0.397	0.367	0.305	0.337	-0.214	0.533*	-0.191	0.580*
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	0.235	0.615*	0.441	0.542*	-0.051	0.719**	-0.009	0.573*
AP	-0.101	0.599*	0.468	0.444	0.078	0.624*	0.317	0.633*

注:POXC,易氧化有机碳;AP,有效磷;\*\*表示相关性达到 $P<0.01$ 显著水平,\*表示相关性达到 $P<0.05$ 显著水平。

3 讨论

过氧化氢酶作为土壤中重要的一种氧化还原酶,能将土壤中过氧化氢分解,使作物免遭毒害,对作物的生长有着重要的影响,其活性过高或过低,均不利于作物生长<sup>[21-23]</sup>。本研究中,小麦生育前期土壤过氧化氢酶活性较高,分蘖期后迅速降低,拔节期后较为稳定,这可能是因为过氧化氢酶活性与土壤微生物呼吸量和总生物量显著相关<sup>[24]</sup>,肥料施入土壤大幅增加了生物量。同时,土壤过氧化氢酶活性的变化可以良好地反映环境条件是否对植物产生胁迫,进而为耕

作过程提供指示。另外,猪粪施用并未改变土壤过氧化氢酶的活跃时期,但在不同程度上增强了根际、非根际土壤过氧化氢酶活性,猪粪是否对小麦(特别是小麦幼苗)产生了毒害作用还有待结合植物生理学试验予以研究。

土壤蔗糖酶活性在非根际土壤中表现为“单峰”变化,而在根际土壤变化波动较大(图 4、图 5),可能是受到施肥、小麦根系活动及根系对养分吸收作用的多重影响<sup>[25]</sup>。小麦扬花期后根际、非根际土壤蔗糖酶活性均呈减弱趋势,这可能是因为植物吸收氮素的过程中需要消耗大量的糖类,糖代谢旺盛,进而

刺激了蔗糖酶活性增强,小麦吸氮强度下降后,蔗糖酶活性随之减弱。就小麦全生育期来看,高量猪粪施用较单施化肥在较大程度上提高了土壤蔗糖酶活性,同时有机废弃物处理的根际土壤蔗糖酶活性随废弃物施用量的增加而增强,这与前人研究认为补充有机碳多的处理土壤蔗糖酶活性高于补充碳少的处理的结论相似<sup>[26]</sup>,但非根际土壤蔗糖酶活性并未随废弃物施用量的增加而增强。

## 4 结论

1) 全量秸秆还田处理显著降低了土壤的过氧化氢酶活性( $P<0.05$ ),而猪粪还田处理能提高土壤的过氧化氢酶活性,且过氧化氢酶活性随废弃物还田量的增加而增加。废弃物还田处理均能提高土壤蔗糖酶的活性,其中高量猪粪还田能显著提高土壤蔗糖酶的活性( $P<0.05$ ),根际土壤中,蔗糖酶活性随废弃物还田量的增加而增加。

2) 两年试验中,同一处理下的根际土壤过氧化氢酶和蔗糖酶活性均显著强于非根际土壤( $P<0.05$ )。从小麦的整个生育期来看,随着小麦生长时间的延长,其根际及非根际土壤过氧化氢酶活性均呈减弱趋势,而根际土壤蔗糖酶活性在小麦生育期内存在较大波动,非根际蔗糖酶活性呈“单峰”变化,拔节期内活性较高。

3) 根际及非根际土壤易氧化有机碳含量与蔗糖酶活性呈显著正相关关系( $P<0.05$ ),相关系数为 0.621 ~ 0.733。蔗糖酶能在一定程度反映土壤的当季肥力。在本实验的施肥水平及常规田间管理条件下,秸秆和猪粪还田处理能一定程度活化土壤过氧化氢酶和蔗糖酶,提高土壤的当季肥力。

## 参考文献：

- [1] 陈玲,赵立欣,董保成,等. 我国秸秆沼气工程发展现状与趋势[J]. 可再生能源, 2010, 28(3): 145-148
- [2] 王晓燕,黄光群,韩鲁佳. 鸡粪工厂化堆肥过程中有机质含量预测模型[J]. 农业机械学报, 2010, 41(1): 101-105
- [3] 武际,郭熙盛,鲁剑巍,等. 不同水稻栽培模式下小麦秸秆腐解特征及对土壤生物学特性和养分状况的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(2): 565-575
- [4] Han L J, Yan Q J, Liu X Y, et al. Straw resources and their utilization in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2002, 18(3): 87-91
- [5] 孙永明,李国学,张夫道,等. 中国农业废弃物资源化现状与发展战略[J]. 农业工程学报, 2005, 21(8): 169-173
- [6] 潘剑玲,代万安,尚占环,等. 秸秆还田对土壤有机质和氮素有效性影响及机制研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(5): 526-535
- [7] 周怀平,解文艳,关春林,等. 长期秸秆还田对旱地玉米产量、效益及水分利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(2): 321-330
- [8] 单英杰,章明奎. 不同来源畜禽粪的养分和污染物组成[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(1): 80-86
- [9] 宫亮,安景文,邢月华,等. 连年深松和施用有机肥对土壤肥力及玉米产量的影响[J]. 土壤, 2016, 48(6): 1092-1099
- [10] 徐国伟,李帅,赵永芳,等. 秸秆还田与施氮对水稻根系分泌物及氮素利用的影响研究[J]. 草业学报, 2014, 23(2): 140-146
- [11] 李玮,乔玉强,曹承富,等. 秸秆还田和施肥对砂姜黑土理化性质及小麦-玉米产量的影响[C]. 中国作物学会 2013 年学术年会论文摘要集, 2013
- [12] 杨滨娟,黄国勤,钱海燕. 秸秆还田配施化肥对土壤温度、根际微生物及酶活性的影响[J]. 土壤学报, 2014, 51(1): 150-157
- [13] 井大炜,邢尚军. 鸡粪与化肥不同配比对杨树苗根际土壤酶和微生物量碳、氮变化的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(2): 455-461
- [14] 孙亚男,李茜,李以康,等. 氮、磷养分添加对高寒草甸土壤酶活性的影响[J]. 草业学报, 2016(2): 18-26
- [15] Fatemi F R, Fernandez I J, Simon K S, et al. Nitrogen and phosphorus regulation of soil enzyme activities in acid forest soils[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2016, 98: 171-179
- [16] 王理德,王方琳,郭春秀,等. 土壤酶学研究进展[J]. 土壤, 2016, 48(1): 12-21
- [17] Zuber S M, Villamil M B. Meta-analysis approach to assess effect of tillage on microbial biomass and enzyme activities[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2016, 97: 176-187
- [18] 邓欧平,谢汀,李燕,等. 稻麦轮作下不同还田模式对土壤酶活性的影响研究[J]. 农业环境科学学报, 2013(10): 2027-2034
- [19] 马亚娟,徐福利,王渭玲,等. 氮磷提高华北落叶松人工林地土壤养分和酶活性的作用[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(3): 664-674
- [20] 杨佳佳,安韶山,张宏,等. 黄土丘陵区小流域侵蚀环境对土壤微生物量及酶活性的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(17): 5666-5674
- [21] 关松萌. 土壤酶学及其研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1986
- [22] Visser S, Parkinson D. Soil biological criteria as indicators of soil quality: Soil microorganisms[J]. American Journal of Alternative Agriculture, 1992, 7(1/2): 33-37
- [23] 褚素贞,张乃明,史静. 云南省设施土壤过氧化氢酶活性变化趋势研究[J]. 中国农学通报, 2015, 31(15): 220-225
- [24] 杨鹏鸣,周俊国. 不同肥料对土壤蔗糖酶和过氧化氢酶活性的影响[J]. 广东农业科学, 2011, 38(11): 78-80

[25] 李东坡, 武志杰, 陈利军, 等. 长期定位培肥黑土土壤蔗糖酶活性动态变化及其影响因素[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(2): 102–105

[26] 王平, 马忠明, 包兴国, 等. 长期不同施肥方式对小麦/玉米间作土壤蔗糖酶活性的影响[J]. 农业现代化研究, 2009, 30(5): 611–614

## Effect of Mixed Application of Rice-Wheat Straws and Pig Manure on Soil Enzyme Activities in Wheat-growth Field

DENG Ouping, LI Han, XIONG Lei, DENG Liangji\*, ZHOU Wei, JIA Fanfan

(College of Resources, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

**Abstract:** In this study, a field experiment was carried out in the rice-wheat rotation area of Chengdu Plain from 2012 to 2014 to study the dynamic changes of enzyme activities rhizosphere and non rhizosphere soils during the wheat-growth season in order to provide a scientific basis for the reasonable application of agricultural wastes. Five treatments were designed including CK, chemical fertilizer, straw returning + pure chemical fertilizer, straw returning + low amount of pig manure to replace chemical fertilizer, straw returning + high amount of pig manure instead of chemical fertilizers. The results showed that the activities of soil catalase and invertase were significantly higher in rhizosphere than that in non-rhizosphere ( $P<0.05$ ) under the same treatment; pig manure with straw treatments improved soil catalase activity, returning straw and pig manure treatments improved soil invertase activity; during the whole growth period of wheat, the activities of soil catalase in rhizosphere and non-rhizosphere showed a decreasing trend; however, soil invertase activity fluctuated largely in rhizosphere and showed single peak in non-rhizosphere.

**Key words:** Rice-wheat straw; Pig manure; Soil enzyme activity