

# 不同秸秆还田方式对土壤酶活性和玉米产量的影响

刘玮斌, 田文博, 陈 龙, 刘亚亮, 于 寒, 谷 岩\*

(吉林农业大学农学院, 吉林 长春 130118)

**摘要:** 为了给吉林省玉米田最适秸秆还田方式提供一定的科学依据, 试验采用随机区组法, 通过与传统耕作相比较, 秸秆深翻还田和秸秆覆盖还田, 研究在不同生育时期秸秆还田对土壤含水量、过氧化氢酶、蔗糖酶、脲酶和酸性磷酸酶活性及产量变化的影响。结果表明: 随着玉米生长, 秸秆深翻还田、秸秆覆盖还田、传统耕作在玉米生育期内土壤含水量和各土壤酶活性变化趋势相一致; 在玉米抽雄期, 深翻还田和覆盖还田较传统耕作土壤含水量分别增加 33.57%、16.20%, 过氧化氢酶活性分别增加 14.91%、9.29%, 蔗糖酶活性分别升高 32.20%、20.26%, 脲酶活性分别增加 10.53%、5.84%, 酸性磷酸酶活性分别升高 19.79%、8.59%; 产量分别增加 5.59% 和 2.39%。因此秸秆深翻还田更有利于提高土壤酶活性和产量, 可作为吉林省秸秆还田首选方式。

**关键词:** 秸秆还田; 土壤含水量; 土壤酶; 产量

土壤酶主要由植株凋落物、植物根系、残留根系和微生物产生, 对土壤物质循环和能量代谢起着重要的催化作用, 它是评估土壤肥力的指标, 可以真实和间接地反映土壤养分条件<sup>[1]</sup>, 也可用来评估耕作方法和肥料的效果<sup>[2]</sup>, 其活性与土壤质地、土壤水热条件、施肥情况和土壤养分有关。通过秸秆还田既可以解决秸秆焚烧污染环境的问题, 还有助于土壤有机质积累, 对土壤物理性状有显著改善作用, 促进土壤团聚作用, 增强土壤蓄水能力<sup>[3]</sup>。当前吉林省主要采用的秸秆还田方式有深翻还田、粉碎还田、覆盖还田和留高茬还田<sup>[4]</sup>。研究表明不同秸秆还田方式对土壤物理性状、土壤水分和土壤酶活性有显著影响<sup>[5-6]</sup>。当秸秆还田时, 可以增加土壤氮和碳的供应, 从而增加脲酶和蔗糖酶活性<sup>[7]</sup>; 隋鹏祥等<sup>[8]</sup>研究表明秸秆覆盖还田与翻耕还田均增加了表层土壤酶活性; 而另一些研究表明, 秸秆覆盖还田对表层土壤酶活性影响差异不显著<sup>[9]</sup>。刘兰清<sup>[10]</sup>、战秀梅等<sup>[11]</sup>研究发现秸秆还田能够改善土壤理化性质, 促进农田生态系统良性循环, 进而对作物产量有着显

著提高作用。

近年来, 不同秸秆还田方式对土壤酶变化研究已有报道, 而结合作物生育期的不同还田方式的酶活性研究则鲜见。本研究在长春市九台区农业推广中心设置试验, 研究秸秆还田方式中运用较广泛的深翻还田和覆盖还田对土壤酶和产量的影响。本研究拟解决的问题: (1) 不同秸秆还田方式对土壤酶和产量的影响; (2) 不同秸秆还田方式在玉米不同生长时期对土壤酶活性的影响; (3) 基于测定指标判断适合该区域的秸秆还田的方式。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2017 年在长春市九台区农业推广中心 (N44° 9', E126° 49.8') 进行。试验地位于吉林省中部松辽平原, 年均气温 4.7℃, ≥10℃积温 2 990.7℃, 年均日照 2 900 h, 无霜期 150 d 左右, 年降水量约 507.5 mm。土壤类型为黑土, 有机质 12.20 g/kg, 全氮 1.96 g/kg, 碱解氮 78.14 mg/kg, 有效磷 12.58 mg/kg, 速效钾 108.22 mg/kg。

### 1.2 试验设计

本试验以玉米品种“翔玉 998”为供试材料, 于 2017 年 5 月 6 日播种, 共设 3 个处理: (1) 秸秆不还田 (CK), 同常规种植; (2) 秸秆全量深翻还田 (SF), 在 2016 年秋季收获后, 用秸秆切碎机将玉米秸秆切短 (长度 <10 cm), 并均匀抛散于田间; 2017 年春季, 用翻转型将秸秆深翻

收稿日期: 2018-12-09; 录用日期: 2019-03-02

基金项目: 国家重点研发计划 2017YFD0300607; 吉林科技发展计划 20170520092JH; 吉林省玉米产业技术体系; 吉林省农委玉米秸秆适应性研究。

作者简介: 刘玮斌 (1993-), 男, 江西吉安人, 硕士研究生, 研究方向为玉米栽培。E-mail: 1639716610@qq.com。

通讯作者: 谷岩, E-mail: 283413608@qq.com。

进 25 ~ 30 cm 土中, 根据实际情况选择液压偏置重耙机或者联合整地机旋耕耙平, 达到播种状态; (3) 秸秆覆盖还田 (FG), 播前使用搂草机将宽行秸秆搂到窄行, 露出宽行待播苗带, 采用免耕机于垄侧精量播种。各处理采用大垄双行种植方式, 垄高 12 cm, 垄上行距 40 cm, 垄间行距 90 cm, 垄长大于 150 m, 3 个处理面积均大于 1 000 m<sup>2</sup>, 种植密度为 6.5 万株/hm<sup>2</sup>。各处理施用复合肥 555.6 kg/hm<sup>2</sup> 做底肥, 后期追施氯化钾 55.5 kg/hm<sup>2</sup>, 尿素 228.4 kg/hm<sup>2</sup>, 在玉米整个生育时期均按照高产田进行田间管理。共 3 次重复, 按随机区组排列。

### 1.3 样品采集与测定方法

在玉米生长过程中 (5 月 22 日出苗, 10 月 15 日收获), 分别在苗期 (6 月 11 日)、拔节期 (7 月 5 日)、抽雄期 (7 月 25 日)、灌浆期 (8 月 29 日) 和蜡熟期 (9 月 20 日) 采集 3 种模式表层 (0 ~ 20 cm) 土壤样品。按照五点取样法取样, 并去除样品中的石块、作物残根和杂质, 混匀成一个样品, 过 2 mm 筛, 一部分冷藏于 0 ~ 4℃ 冰箱中, 供测定过氧化氢酶使用, 剩下的土壤在测定土壤含水量后风干供测定其它土壤指标。土壤养分均按照常规方法测定<sup>[12]</sup>, 土壤酶活性测定参照关松荫<sup>[13]</sup>相关方法: 土壤过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定法, 蔗糖酶活性的测定采用 3, 5-二硝基水杨酸比色法, 脲酶活性的测定采用苯酚-次氯酸钠比色法, 土壤酸性磷酸酶用磷酸苯二钠法测定。

### 1.4 数据处理

采用 Excel 2010 计算绘图、汇总数据, 选择 SPSS 20.0 对所得数据进行单因素方差分析, 最小显著差数法进行多重比较差异显著性检验 ( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同秸秆还田方式对土壤含水量的影响

从表 1 可以看出, 在玉米生长阶段, 3 种模式土壤含水量变化趋势相同, 表现为先增加后降低, 而后又增加再降低, 在拔节期最高, 蜡熟期最低; 苗期两种还田模式的土壤含水量都较对照低, 但差异不显著; 后期 SF 与 FG 都能显著提升土壤含水量, 且 SF 与 FG 差异显著, 玉米抽雄期 SF、FG 较 CK 分别显著增加 33.57%、16.20%。由此可见, SF

和 FG 都能够增加土壤含水量, 且 SF 较 FG 增加作用更明显。

表 1 不同秸秆还田方式对土壤含水量的影响 (%)

秸秆还田方式	苗期	拔节期	抽雄期	灌浆期	蜡熟期
SF	16.52a	21.06a	18.06a	20.23a	16.93a
FG	16.03a	19.11b	15.71b	18.87b	15.06b
CK	17.29a	18.29b	13.52c	18.11b	12.81c

注: 不同小写字母表示 0.05 水平差异显著。下同。

### 2.2 不同秸秆还田方式对土壤过氧化氢酶活性的影响

由图 1 可得, 随着玉米的生长过氧化氢酶活性变动较明显, 3 种模式都表现为先增加后下降, 在灌浆期最大。苗期 3 种模式间过氧化氢酶差异不显著; 后期随着玉米的生长, 苗期到灌浆期这段时间, 酶活性增加倍数表现为 SF>FG>CK, 且抽雄期 SF 和 FG 较 CK 都显著增加了 14.91%、9.29%, 灌浆期分别较 CK 显著增加了 12.37% 和 6.02%, 但两种还田处理间差异不显著; 在蜡熟期 3 种模式过氧化氢酶活性均降低。因此可见, SF 和 FG 都能够提高土壤过氧化氢酶活性, 以 SF 提高效果最显著。

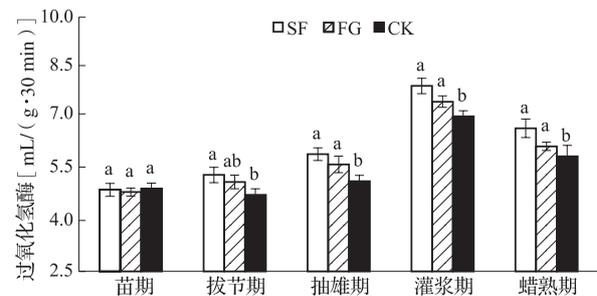


图 1 不同秸秆还田方式对过氧化氢酶活性的影响

注: 不同小写字母表示 0.05 水平差异显著, 下同。

### 2.3 不同秸秆还田方式对土壤蔗糖酶的影响

由图 2 可知, 在玉米生长过程中 3 种模式蔗糖酶活性变化一致, 苗期到灌浆期先增加, 灌浆期时为最大, 之后又降低至最小, 整个时期中以蜡熟期最低, 各时期都表现为 SF>FG>CK; 在玉米 5 个生长时期中 SF 蔗糖酶活性显著高过 CK; 在苗期、拔节期和蜡熟期, FG 与 CK 差异不明显, 另外两个时期 FG 显著高过 CK; 抽雄期 SF 和 FG 较 CK 分别升高了 32.20% 和 20.26%。由此可见, SF 和 FG 都可以提高土壤蔗糖酶活性, 且 SF 较 FG 提高作用更明显。

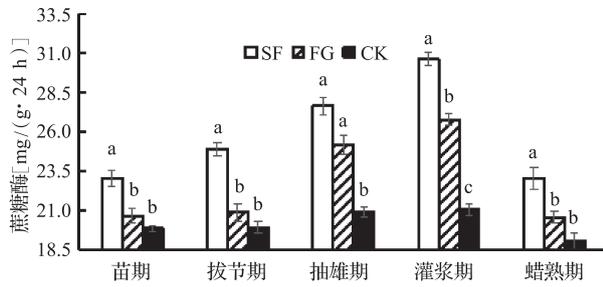


图2 不同秸秆还田方式对土壤蔗糖酶的影响

2.4 不同秸秆还田方式对土壤脲酶活性的影响

由图3可知,在玉米生长中3种模式脲酶活性变化一致,都表现为先增加后降低,于蜡熟期降至最低,以灌浆期最大;苗期和蜡熟期3个处理间脲酶活性差异不明显;在拔节期和抽雄期,SF显著高过CK,脲酶活性依次增长29.07%、20.89%,FG较CK脲酶活性分别增加了10.53%和5.84%,但差异不显著;灌浆期SF和FG之间脲酶活性差异显著,且都显著高于CK,与CK相比SF和FG分别增加了28.31%和10.15%。说明秸秆还田能够加速土壤中尿素转化和吸收,以采用深翻还田加速作用最强。

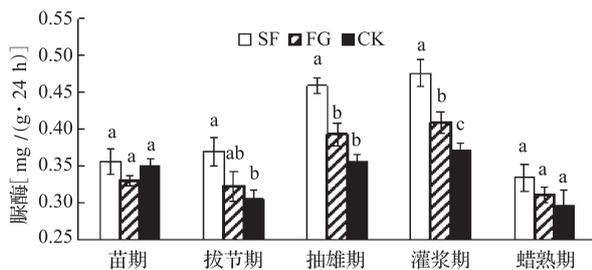


图3 不同秸秆还田方式对土壤脲酶活性的影响

2.5 不同秸秆还田方式对土壤酸性磷酸酶的影响

土壤酸性磷酸酶直接参与有机磷分解和转化。由图4可知,在玉米生长过程中3种模式酸性磷酸酶活性变化一致,都表现为先增加后降低,以灌浆期最高,蜡熟期减小至最低;随不同秸秆还田方式,磷酸酶活性表现为SF>FG>CK;在5个时期中除灌浆期外FG和CK的酸性磷酸酶差异不显著;SF与CK除了在苗期差异不显著,其它4个时期SF与CK间差异显著;抽雄期SF和FG较CK升高19.79%和8.59%。因此SF较FG能够更显著提高土壤磷酸酶活性。

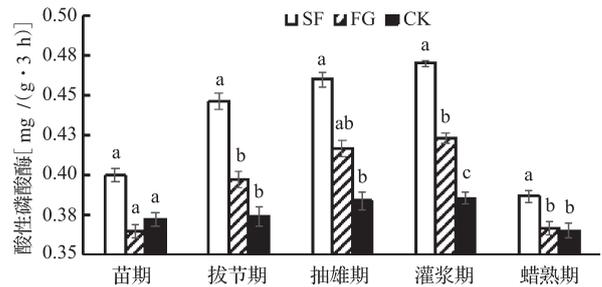


图4 不同秸秆还田方式对土壤酸性磷酸酶活性的影响

2.6 秸秆还田方式对土壤养分的影响

由表2可知,3种模式中土壤养分含量在玉米生育期内均表现为先增加后降低,且最高值都在抽雄期,但土壤全氮、全钾和速效钾含量的最小值出现在苗期,碱解氮和有效磷含量的最小值在蜡熟期。在抽雄期,土壤全氮、全钾、碱解氮、有效磷和速效钾含量SF模式较CK分别显著增加14.37%、10.05%、3.30%、5.31%和5.24%;而FG较CK依次显著增加5.99%、5.54%、3.09%、2.08%和2.52%。表明秸秆还田可以增加土壤养分含量,且以深翻还田增加最显著。

表2 不同秸秆还田方式对土壤养分含量的影响

土壤养分	处理	苗期	拔节期	抽雄期	灌浆期	蜡熟期
全氮 (g/kg)	SF	1.83a	1.85a	1.91a	1.89a	1.86a
	FG	1.69b	1.75ab	1.77a	1.74b	1.71a
	CK	1.53b	1.54b	1.67b	1.62b	1.61b
全钾 (g/kg)	SF	32.66a	32.96a	33.96a	33.34a	32.99a
	FG	31.47b	31.88b	32.57b	32.69ab	32.55a
	CK	29.98b	30.35c	30.86c	30.76b	31.23b
碱解氮 (mg/kg)	SF	77.35a	78.02a	80.22a	77.16a	77.04a
	FG	77.27a	77.69b	80.06a	69.89b	69.95a
	CK	77.01b	77.34b	77.66b	69.80b	69.86a
有效磷 (mg/kg)	SF	12.46a	13.15a	13.68a	12.88a	12.38a
	FG	12.35b	13.03a	13.26b	12.77b	12.19ab
	CK	12.20b	12.89b	12.99c	12.65b	12.08ab
速效钾 (mg/kg)	SF	106.22a	110.47a	114.06a	109.83a	108.27a
	FG	104.24b	108.86ab	111.11b	107.32b	106.65b
	CK	101.58c	104.22b	108.38c	105.25c	103.17b

## 2.7 秸秆还田方式对玉米产量的影响

通过表3对比分析各处理产量构成因素可知, 秸秆深翻还田、覆盖还田与秸秆不还田处理间穗行数、行粒数、百粒重差异都不显著; 根据方差分析SF和FG较CK显著增加穗粒重, 分别比CK高3.64%和2.93%; 分析产量数据发现SF较CK显著增加了5.59%, FG较CK增加了2.39%, 但差异不明显; 所以SF和FG都有利于增加玉米产量, 且两种还田模式间差异不显著。

表3 不同秸秆还田方式对玉米产量及产量构成因素的影响

秸秆还田方式	穗行数	行粒数	百粒重 (g)	穗粒重 (g)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
SF	16.80a	38.47a	46.68a	288.41a	11 646.93a
FG	16.67a	39.13a	46.25a	286.45a	11 293.76ab
CK	15.60a	38.00a	44.82a	278.29b	11 030.06b

## 3 讨论

### 3.1 不同秸秆还田方式的土壤含水量状况及影响因素

植物吸收土壤养分的难易程度, 既由土壤胶体中速效养分浓度决定, 还有赖于迟效养分的有效化进程, 而这两个因素都由土壤含水量和土壤酶活性决定<sup>[14]</sup>。徐莹莹等<sup>[15]</sup>研究发现, 与秸秆不还田相比, 还田能提升土层蓄水保墒能力, 提高土壤含水量。本试验结果表明, 秸秆深翻还田和覆盖还田均有利于增加土壤含水量, 其中覆盖还田中秸秆是直接覆盖在土层表面上, 可以减少水分蒸发、降低土壤容重, 增加表层土壤孔隙度并提高土壤蓄水保墒能力, 从而增加土壤含水量, 而深翻还田一方面可以打破犁底层, 对土层有疏松作用, 提高土壤孔隙度, 另一方面深翻还田形成的秸秆层能容纳大量雨水, 从而更有利于水分保持在土壤中。

### 3.2 不同秸秆还田方式的土壤酶变化及影响因素

土壤酶活性与土壤理化特征、养分含量和耕作方式有着很紧密的联系, 也是评价土壤供肥水平的关键因素<sup>[16]</sup>。赵亚丽等<sup>[17]</sup>研究发现各种秸秆还田方式都对土壤酶活性有增强作用, 但不同方式增效各异。秸秆在进入土壤的初期, 秸秆中的营养物质含量较多, 随着玉米的生长, 秸秆腐解的速度增加, 引起秸秆营养成分含量不断降低, 造成土壤酶活性会不断改变<sup>[18]</sup>。本试验也表明, 随着玉米不断生长, 各处理土壤酶活性随时间变化明显, 均表

现为先增加后降低, 以灌浆期最大, 蜡熟期最小。在深翻还田中因为秸秆在土层中, 秸秆可以吸附更多的水分并增加有机质, 且能够显著减少土壤水分蒸发, 使得秸秆更容易腐解, 从而增加土壤微生物和根系数量, 进而使土壤中产生的土壤酶更多; 覆盖还田时覆盖还田腐解率较低, 使得土壤微生物及酶活性低于深翻处理。

### 3.3 不同秸秆还田对土壤养分含量的影响

在玉米生长初期, 根系不发达, 所需养分较少, 同时施用的肥料会不断释放养分, 使得前期土壤养分含量不断增加, 后期玉米根系吸收养分的速率高于释放的速率, 因此土壤养分在玉米生育期中表现为先增加后降低。秸秆还田后, 秸秆与土壤接触面积越大, 被微生物分解的机会更大, 进而促进了土壤养分积累<sup>[19]</sup>, 秸秆在腐解的过程中, 能够增加土壤含水量、酶活性和微生物数量<sup>[20]</sup>, 激活土壤中氮、磷和钾养分, 进而提高速效性养分。因此本研究中秸秆深翻还田更有助土壤养分的增加。

### 3.4 不同秸秆还田方式对玉米产量的影响

秸秆深翻还田能够打破犁底层, 提高土壤有机质并减少水分散失, 使得玉米生长过程中水分充足, 长势旺盛, 从而增产显著<sup>[21]</sup>; 且秸秆还田能够提高土壤酶活性, 进而能够加快土壤生态系统中物质与能量的循环, 从而提高土壤肥力, 使得玉米生长过程中养分充足, 玉米发育较好, 更有利于产量增加<sup>[19]</sup>, 本论文中秸秆深翻后对玉米根系生长和籽粒产量有更好的促进作用。

## 4 结论

本试验通过探索不同秸秆还田方式对土壤含水量、土壤酶活性、土壤养分含量和玉米产量的影响, 分析在玉米不同生育时期的变化得出如下结论: (1) 不同秸秆还田方式与秸秆不还田的土壤含水量随着玉米生长均表现为相同的变化趋势, 在整个生育时期中, 除了苗期秸秆还田土壤含水量低于不还田, 其他时期秸秆还田对土壤含水量均有显著提高作用。(2) 不同秸秆还田对土壤酶活性的提高有着显著的影响, 在玉米生育期土壤酶活性均表现为先增加后降低的趋势, 以灌浆期最大, 蜡熟期最小。(3) 不同秸秆还田对土壤养分的增加有显著作用, 在玉米生育期内, 均表现为先增加后降低。(4) 不同秸秆还田对玉米产量均有增加作用。(5) 秸秆深翻还田较秸秆覆盖还田更有利于增加土壤水分, 提

高土壤酶活性, 进而提高土壤养分含量和玉米产量, 因此可作为当地玉米田秸秆还田方式的首选模式。

参考文献:

[1] 范君华, 刘明, 张建华, 等. 南疆膜下滴灌棉田土壤酶活性与土壤养分的关系 [J]. 棉花学报, 2010, 22 (4): 367-371.

[2] 白雪, 周怀平, 解文艳, 等. 不同类型地膜覆盖对玉米农田土壤酶活性的影响 [J]. 农业资源与环境学报, 2018, 35 (4): 381-388.

[3] 蔡红光, 梁尧, 闫孝贡, 等. 东北黑土区秸秆不同还田方式下玉米产量及养分累积特征 [J]. 玉米科学, 2016, 24 (5): 68-74.

[4] 张文可, 苏思慧, 隋鹏祥, 等. 秸秆还田模式对东北春玉米根系分布和水分利用效率的影响 [J]. 生态学杂志, 2018, 37 (8): 2300-2308.

[5] 李纯燕, 杨恒山, 刘晶, 等. 玉米秸秆还田技术与效应研究进展 [J]. 中国农学通报, 2015, 31 (33): 226-229.

[6] 雍海燕, 沙龙. 不同秸秆还田对土壤特性及小麦产量的影响 [J]. 农业科学研究, 2018, 39 (2): 13-17, 23.

[7] 孟庆英, 张春峰, 张娣, 等. 秸秆还田方式对土壤酶及大豆产量的影响 [J]. 土壤通报, 2015, 46 (3): 642-647.

[8] 隋鹏祥, 张心昱, 温学发, 等. 耕作方式和秸秆还田对棕壤土壤养分和酶活性的影响 [J]. 生态学杂志, 2016, 35 (8): 2038-2045.

[9] Qin S P, He X H, Hu C S, et al. Responses of soil chemical and microbial indicators to conservational tillage versus traditional tillage in the North China Plain [J]. European Journal of Soil Biology, 2010, 46: 243-247.

[10] 刘兰清. 秸秆还田和氮肥对土壤理化性质及作物产量的影响研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2018.

[11] 战秀梅, 彭靖, 李秀龙, 等. 耕作及秸秆还田方式对春玉米产量及土壤理化性状的影响 [J]. 华北农学报, 2014, 29 (3): 204-209.

[12] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.

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

[14] 甄丽莎, 谷洁, 高华, 等. 秸秆还田与施肥对土壤酶活性和作物产量的影响 [J]. 西北植物学报, 2012, 32 (9): 1811-1818.

[15] 徐莹莹, 王俊河, 刘玉涛, 等. 秸秆不同还田方式对土壤物理性状、玉米产量的影响 [J]. 玉米科学, 2018, 26 (5): 78-84.

[16] 蔡丽君, 张敬涛, 等. 免耕条件下秸秆还田量对土壤酶活性的影响 [J]. 土壤通报, 2015, 46 (5): 1128-1131.

[17] 赵亚丽, 郭海斌, 薛志伟, 等. 耕作方式与秸秆还田对土壤微生物数量、酶活性及作物产量的影响 [J]. 应用生态学报, 2015, 26 (6): 1785-1792.

[18] 韩玮, 聂俊华, 李讽, 等. 还田秸秆配施外源纤维素酶效应研究 [J]. 生态环境, 2005, 14 (6): 936-940.

[19] 萨如拉, 高聚林, 于晓芳, 等. 玉米秸秆深翻还田对土壤有益微生物和土壤酶活性的影响 [J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28 (7): 138-143.

[20] 邹文秀, 韩晓增, 陆欣春, 等. 玉米秸秆混合还田深度对土壤有机质及养分含量的影响 [J]. 土壤与作物, 2018, 7 (2): 139-147.

[21] 马晓峰. 不同秸秆还田方式对土壤含水量及玉米产量的影响 [J]. 农业科技通讯, 2018, (6): 132-134.

Effects of different straw returning methods on soil enzyme activity and maize yield

LIU Wei-bin, TIAN Wen-bo, CHEN Long, LIU Ya-liang, YU Han, GU Yan\* (Agronomy College, Jilin Agricultural University, Changchun Jilin 130118)

**Abstract:** In order to provide some scientific basis for the optimal straw return method in maize field in Jilin Province, this experiment adopted the random block method, compared with the traditional tillage, two straw returning methods including the straw deeply ploughed back and the straw mulch were applied to study the effects of different straw return methods on soil water content, catalase, sucrase, urease and acid phosphatase activity and yield. The results showed that the soil water content and soil enzyme activity of the traditional tillage were consistent with those of the straw deeply turned back treatment and straw mulch treatment with the growth of maize. In the period of maize heading, compared with the traditional tillage, the soil water content of the straw deeply turned back treatment and straw mulch treatment increased by 33.57% and 16.20%, the catalase activity increased by 14.91% and 9.29%, the sucrase activity increased by 32.20% and 20.26%, the urease activity increased by 10.53% and 5.84%, the acid phosphatase activity increased by 19.79% and 8.59%, and the yield increased by 5.59% and 2.39%, respectively. Therefore, the deep returning of the straw back to the field is more favorable to increase soil enzyme activity and yield, which can be used as the preferred method of straw return in Jilin Province.

**Key words:** straw returning to field; soil water content; soil enzyme; yield