

# 生猪养殖粪污与秸秆混合还田对吉林省土壤肥力与玉米产量的影响

路 杨<sup>1</sup>, 隋 丽<sup>1</sup>, 周佳玲<sup>2</sup>, 常 帅<sup>3</sup>, 赵 宇<sup>1</sup>, 杜 茜<sup>1</sup>, 张正坤<sup>1\*</sup>, 李启云<sup>1\*</sup>

(1. 吉林省农业科学院/农业农村部东北作物有害生物综合治理重点实验室/吉林省农业微生物重点实验室, 长春 130033; 2. 公主岭市双城堡畜牧站, 吉林 公主岭 136126; 3. 吉林省动物疫病预防控制中心, 长春 130000)

**摘要:**采用三年田间定位试验方法, 系统研究秸秆全量深翻还田(SF)以及猪粪+秸秆旋耕还田(ZF)对土壤改良以及玉米产量的影响(以秸秆不还田为对照, CK)。研究结果表明, 与CK相比, SF与ZF处理均显著降低耕层土壤容重, 增加田间持水量以及总孔隙度, 土壤总孔隙度的增加主要是由于毛管孔隙度的降低与通气孔隙度的增加。SF与ZF处理对改善土壤肥力也有重要影响, 主要表现为土壤有机质、全氮、全磷、全钾以及速效氮、速效磷、速效钾等养分含量的增加, 其中以ZF处理效果最为显著。秸秆与畜禽粪污还田对玉米产量的提升表现为显著的正效益, SF与ZF处理后两年增产幅度可达2.61%~5.04%与5.81%~8.94%, 效果显著。

**关键词:** 秸秆还田; 畜禽粪污; 春玉米; 长期效应; 土壤肥力

中图分类号: S506; S513

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)04-0048-04

## Effects of Swine Manure and Straw Mixed Return on Soil Fertility and Maize Yield in Jilin Province

LU Yang<sup>1</sup>, SUI Li<sup>1</sup>, ZHOU Jialing<sup>2</sup>, CHANG Shuai<sup>3</sup>, ZHAO Yu<sup>1</sup>, DU Qian<sup>1</sup>, ZHANG Zhengkun<sup>1\*</sup>, LI Qiyun<sup>1\*</sup>

(1. Jilin Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northeast Ministry of Agriculture/Jilin Key Laboratory of Agricultural Microbiology, Changchun 130033; 2. Animal Husbandry Station of Shuangchengpu, Gongzhuling 136126; 3. Jilin Animal Disease Prevention and Control Center, Changchun 130000, China)

**Abstract:** To investigate the effects of no straw returning (CK), straw deep-ploughing returning to field (SF), straw deep-ploughing returning to field with swine manure (ZF) on soil physic-chemical properties and maize yield, a three-year field experiment was conducted in northeastern China. The results showed that the treatments of SF and ZF significantly reduced soil bulk density, while significantly increased the soil water capacity and total porosity, the increase of total porosity was mainly due to the decrease of capillary porosity and the increase of aeration porosity. SF and ZF treatments also had an important effect on improvement of soil physic-chemical properties, such as the increase of total porosity, soil organic matter, total N, total P, total K, available N, available P and available K, among which ZF treatment had the most significant effect. Returning straw and swine manure to the field showed a significant positive effect on maize yield. The yield increased by 2.61%–5.04% and 5.81%–8.94% in the last two years under SF and ZF treatments.

**Key words:** Straw returning; Livestock and poultry manure; Spring maize; Long term effect; Soil fertilizer

收稿日期: 2019-10-22

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD02006、2018YFD0800905); 吉林省农业科技创新工程(CXGC2017ZD006、CXGC2017ZY036); 农业农村部东北作物有害生物综合治理重点实验室开放基金(DB2018-1、DB2018-2)

作者简介: 路 杨(1983-), 男, 副研究员, 博士, 从事农业微生物研究。

通讯作者: 张正坤, 男, 博士, 副研究员, E-mail: zhangzhengkun1980@126.com

李启云, 男, 博士, 研究员, E-mail: qyli1225@126.com

畜禽粪污和农作物秸秆中含有丰富的矿质营养元素, 作为宝贵的农业自然资源, 还田后对改善土壤质量具有重要作用<sup>[1-2]</sup>。目前有相当多的畜禽粪便和农作物秸秆被随意弃置或焚烧, 不仅浪费资源, 且对区域农业生态环境造成持续的污染压力<sup>[1-3]</sup>。由畜禽粪污和农作物秸秆带来的环境面源污染成为当前东北地区亟需解决的重要问题<sup>[2, 4]</sup>。由于土地资源长期掠夺式开发, 重用轻

养,东北黑土地正面临“量减质退”的严重局面,表现为有机质含量下降,土壤微生物群落多样性降低<sup>[2,5]</sup>,从而给粮食安全生产带来潜在风险。

实践证明,“种养结合、农牧循环”是合理利用农业废弃物资源与保护黑土地的重要措施。研究表明,实现畜禽粪污与玉米秸秆还田对改善土壤质量,提高土壤肥力具有显著的影响<sup>[6-10]</sup>。长期施用有机肥可以增加黑土地力,显著增加玉米和大豆的产量<sup>[11]</sup>。Xia等<sup>[12]</sup>对141项研究结果进行分析发现,用粪肥替代化学氮肥,作物产量提高4.4%。南方砂壤土定位试验证实,连续免耕秸秆全量覆盖处理显著提高表层土壤碱解氮、速效磷与速效钾的含量,有助于土壤养分的提高<sup>[13]</sup>。在黑土区,玉米秸秆的还田量应控制在合适的范围之内,其中以“化肥+玉米根茬+100%秸秆”处理效果最好,土壤有机质含量提高27.78%<sup>[14]</sup>。此外,土壤耕作方式也是影响秸秆还田质量的重要因素。采用秸秆深翻还田方式可提高玉米田间保苗率,植株氮、磷、钾积累量较秸秆覆盖还田分别增加8.9%、8.3%和19.6%,有利于植株对养分的吸收以及养分向籽粒中的转运<sup>[15]</sup>。目前关于畜禽粪污与玉米秸秆同时还田对土壤质量改良以及玉米产量影响方面的研究鲜有报道。吉林省是我国商品畜禽养殖和玉米大省,畜禽粪污与玉米秸秆资源丰富,因此本研究的开展对于实现秸秆与畜禽粪污资源化利用,提升黑土耕地地力具有重要作用,对于降低环境压力、改善人居环境、实现乡村振兴也具有重要意义。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验设计

本试验于2015~2018年在吉林省农业科学院公主岭院区实验站开展。试验共设3个处理,分别为秸秆不还田(CK)、秸秆全量深翻还田(SF)和猪粪+秸秆深翻还田(ZF)(表1)。每个处理设3次重复,小区长20 m,宽26 m,面积为520 m<sup>2</sup>。2015年10月20日对试验小区内玉米秸秆进行还田作业处理。

种植玉米品种为先玉335,行距65 cm,株距28 cm,种植密度55 000株/hm<sup>2</sup>。各处理每年肥料用量均为N 180 kg/hm<sup>2</sup>、P(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 90 kg/hm<sup>2</sup>、K(K<sub>2</sub>O) 90 kg/hm<sup>2</sup>。施用化肥分别为尿素(含氮46%)、磷酸二铵(18-46-0)和KCl(含K<sub>2</sub>O 60%)。生猪养殖粪污在氧化塘无害化处理3个月后氮含量为2.56 kg/m<sup>3</sup>,磷含量为0.46 kg/m<sup>3</sup>。CK处理和SF处理全

表1 试验处理及其操作流程

| 试验处理      | 代码 | 技术操作流程  |
|-----------|----|---|
| 秸秆不还田     | CK | 玉米收获后,秸秆打包移除,第二年春天免耕播种  |
| 秸秆深翻还田    | SF | 利用玉米联合收获机收获玉米,采用秸秆粉碎回收机将秸秆粉碎(长度<10 cm),使用铧式犁对覆盖在地表的秸秆进行翻理,深度20~30 cm,旋耕耙平,第二年春天免耕播种   |
| 猪粪+秸秆深翻还田 | ZF | 采用玉米联合收获机收获,将经氧化塘贮存无害化处理的生猪养殖粪污按照117.19 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> 的施用量均匀喷洒至秸秆表面,采用秸秆粉碎回收机将秸秆粉碎(长度<10 cm),使用铧式犁对覆盖在地表的秸秆进行翻理,深度20~30 cm,旋耕耙平,第二年春天免耕播种 |

部施用化肥,ZF处理按照《土地承载力测算技术指南》<sup>[16]</sup>中推荐的有机肥养分替代化肥养分量标准进行,替代比例为50%,粪肥氮素和磷素的当季利用率取值均为30%,则当季粪肥养分需求量为300 kg/hm<sup>2</sup>,每公顷施用117.19 m<sup>3</sup>生猪养殖粪污替代50%化学氮肥。由于这些生猪养殖粪污中还含有当季可利用磷16.29 kg,所以ZF处理施用化学磷肥用量为73.71 kg/hm<sup>2</sup>。每年5月3日前后播种,10月5日前后收获,其他管理同常规生产田。

### 1.2 测定指标与方法

2018年秋收后,按照5点取样法进行土壤样品采集,用于土壤物理和化学性状测定。其中,土壤容重采用环刀法测定,土壤孔隙度测定采用烘干法和比重瓶法<sup>[17]</sup>;土壤全氮测定采用凯氏定氮法进行,全磷含量采用NaOH熔融-钼锑抗比色法,全钾采用火焰光度法,速效氮采用碱解扩散法,速效磷采用NaHCO<sub>3</sub>浸提-钼锑抗比色法,速效钾采用NH<sub>4</sub>OAc浸提-火焰光度法;在玉米生理成熟期后,每个试验小区选取10 m<sup>2</sup>,全部收获称取小区穗重,脱粒称取粒重,测定籽粒水分,最后计算公顷产量,结果统一换算成14%籽粒含水率。

### 1.3 数据统计分析

采用WPS Office教育版进行数据的整理和初步统计,利用统计软件SPSS 17.0进行方差分析以及处理间差异显著性分析(LSD法)。

## 2 结果与分析

### 2.1 生猪养殖粪污与秸秆还田对土壤物理性质的影响

为了系统评价生猪养殖粪污与秸秆还田对土壤物理性质的影响,主要对还田处理三年后土壤

容重、田间持水量以及土壤孔隙度进行考察。由表2可知, SF与ZF处理耕层土壤容重有降低的趋势, 各处理之间差异不显著( $P>0.05$ ); 田间持水量有增加趋势, 其中SF与ZF处理比对照(CK)处理分别显著提高6.12%与11.46%, 与三年前相比分别相应提高4.34%与9.49%; SF与ZF处理土壤总

表2 生猪养殖粪污与秸秆还田对耕层土壤(0~20 cm)物理性质的影响

| 试验处理 | 容重<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 田间持<br>水量(%) | 土壤孔隙度(%) |           |           |
|------|----------------------------|--------------|----------|-----------|-----------|
|      |                            |              | 总孔<br>隙度 | 毛管<br>孔隙度 | 通气<br>孔隙度 |
| 种植前  | 1.28a                      | 28.57c       | 59.44b   | 30.15b    | 29.29b    |
| CK   | 1.27a                      | 28.09c       | 58.91b   | 33.41a    | 25.50c    |
| SF   | 1.22a                      | 29.81b       | 62.81a   | 29.42b    | 33.39a    |
| ZF   | 1.24a                      | 31.28a       | 64.77a   | 29.59b    | 35.18a    |

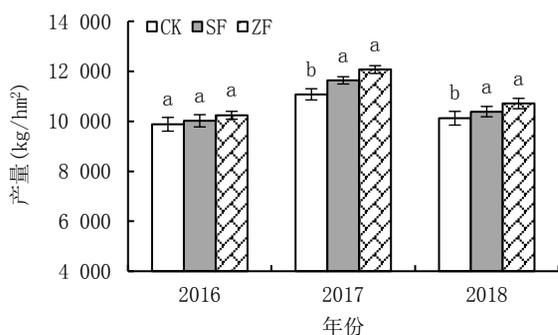
注: 表中同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著, 下同

表3 生猪养殖粪污与秸秆还田处理对耕层土壤(0~20 cm)肥力的影响

| 试验处理 | 有机质(g/kg) | 全氮(g/kg) | 全磷(g/kg) | 全钾(g/kg) | 速效氮(mg/kg) | 速效磷(mg/kg) | 速效钾(mg/kg) |
|------|-----------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|
| 种植前  | 18.31c    | 1.31c    | 0.39c    | 26.12c   | 127.9d     | 21.4d      | 122.9d     |
| CK   | 18.28c    | 1.32c    | 0.39c    | 27.55b   | 130.2c     | 24.5c      | 124.1c     |
| SF   | 19.11b    | 1.36b    | 0.40b    | 28.26b   | 137.4b     | 26.2b      | 130.8b     |
| ZF   | 19.47a    | 1.41a    | 0.42a    | 29.79a   | 145.9a     | 27.1a      | 138.6a     |

### 2.3 生猪养殖粪污与秸秆还田对玉米产量的影响

产量仍是衡量农业生产技术体系的重要指标。从三年的试验结果看(图1), 2016年产量差异不显著, 2017与2018年, SF与ZF处理表现出一定的增产趋势, 其中以ZF处理效果最明显。与对照相比, 2017年SF与ZF处理单产分别比对照提高5.04%和8.94%, 2018年分别比对照提高2.61%和5.81%。



注: 不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

图1 生猪养殖粪污与秸秆还田对春玉米产量的影响

## 3 讨论与结论

东北是我国畜禽与春玉米的主要产地之一,

孔隙度分别比对照提高6.62%与9.95%, SF与ZF处理下土壤孔隙度的增加主要是由于毛管孔隙度的降低与通气孔隙度的增加, SF与ZF处理下毛管孔隙度分别比对照降低11.94%与11.43%, 通气孔隙度分别比对照增加30.94%与37.96%。

### 2.2 生猪养殖粪污与秸秆还田对土壤肥力的影响

土壤有机质与N、P、K等养分的含量是评价土壤化学性状的重要指标。由表3可知, 三年的秸秆还田与生猪养殖粪污还田对土壤肥力有明显的提升效果, 其中以ZF处理效果最为明显, 其次是SF。与对照相比, ZF与SF处理土壤有机质分别比对照提高6.51%和4.54%, 全氮分别提高6.82%和3.03%, 全磷分别提高7.69%和2.56%, 全钾分别提高8.13%和2.58%, 相应速效氮分别提高12.06%和5.53%, 速效磷分别提高10.61%和6.94%, 速效钾分别提高11.68%和5.40%。

同时也产生大量畜禽养殖废弃物和玉米秸秆。据统计, 2018年东北三省畜禽养殖废弃物产生量为2亿吨, 玉米秸秆资源量达1.7亿吨<sup>[4]</sup>, 其中相当大比例的资源没有得到合理利用, 不仅浪费资源, 还给生态环境造成持续压力。因此, 实现“种养结合, 农牧循环”是解决畜禽粪污和秸秆资源合理利用的重要选择。

畜禽粪污与玉米秸秆中含有丰富的N、P、K以及Zn、Fe等对植物生长有益的矿质元素, 还田后可以直接增加土壤养分的供应。此外, 畜禽粪污和玉米秸秆中还含有大量的N和C, 可为土壤微生物的宿存提供充足的养分, 有利于土壤微生物和土壤动物的生存和繁殖, 从而对改善土壤物理和化学性质, 提高土壤肥力具有重要的作用。牛粪堆肥施用量为45 000 kg/hm<sup>2</sup>对土壤改良的效果最佳, 能够提高0~20 cm土层土壤的pH值、有机质、全氮、速效磷、速效钾等养分含量<sup>[7]</sup>。黑土区玉米秸秆深翻还田能够显著降低耕层土壤容重, 增加相应的土壤含水量, 提高土壤有机质与速效氮、速效钾含量<sup>[18]</sup>, 本研究结果也证明这一点。利用玉米秸秆深层还田技术对改善耕层(0~20 cm)与亚耕层(20~40 cm)土壤的理化性质均有

重要影响,玉米增产效果明显<sup>[19]</sup>,本研究进一步证明,采用“猪粪+秸秆深翻还田”处理方式在提高耕层土壤保水性以及土壤肥力方面与秸秆深翻还田相比优势更加显著,但本研究缺少对亚耕层(20~40 cm)土壤理化性状的研究,这将是下一步研究的重点。

产量是农业生产追求的重要指标之一。一般认为,畜禽粪便等有机物料施入土壤后能够为当年作物提供良好的养分来源,有利于提高玉米产量<sup>[11, 41]</sup>。本研究结果表明,ZF与SF处理与对照(CK)相比均有显著的增产效果,其中以ZF处理效果最为显著,这与张畅<sup>[20]</sup>、王永洁等<sup>[21]</sup>的研究结果一致。本研究对生猪养殖粪污与秸秆进行混合还田试验,结果表明混合还田处理能显著降低耕层土壤容重,增加田间持水量以及总孔隙度,提升土壤有机质、全氮、全磷、全钾等养分含量,提高玉米的产量,说明猪粪与秸秆深翻混合还田对耕地地力的提升具有明显的促进作用。通过混合还田使这两种主要农业面源污染得到资源化利用,有效降低化肥用量,为种植业和养殖业实现“种养结合,农牧循环”提供依据。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 董红敏,左玲玲,魏 莎,等.建立畜禽废弃物养分管理制度 促进种养结合绿色发展[J].中国科学院院刊,2019,34(2):180-189.
- [ 2 ] 梁 卫,袁静超,张洪喜,等.东北地区玉米秸秆还田培肥机理及相关技术研究进展[J].东北农业科学,2016,41(2):44-49.
- [ 3 ] 柳冬梅,姜寿涛,张云影,等.不同菌剂处理鲜鸡粪发酵试验研究[J].东北农业科学,2019,44(4):59-62,75.
- [ 4 ] 李 婧,吴根义,姜彩红,等.东北地区生猪养殖粪污资源化利用技术应用[J].中国沼气,2019,37(3):100-104.
- [ 5 ] Zhu X C, Sun L Y, Song F B, et al. Soil microbial community and activity are affected by integrated agricultural practices in China [J]. *European Journal of Soil Science*, 2018, 69(5): 924-935.
- [ 6 ] 张心良.猪场污水还田与化肥配施对农田水土环境和作物产量的影响[J].生态与农村环境学报,2016,32(4):645-650.
- [ 7 ] 刘占伟.养殖粪污循环利用对土壤改良和青贮玉米产量品质的影响[D].泰安:山东农业大学,2018.
- [ 8 ] 高 杰.秸秆还田配施氮肥对玉米氮肥利用率及产量的影响[D].哈尔滨:东北农业大学,2019.
- [ 9 ] 崔正果,李秋祝,张玉斌,等.玉米秸秆全量粉碎耕翻还田条件下播种深度与镇压强度对玉米出苗率的影响[J].东北农业科学,2018,43(6):16-19.
- [ 10 ] 郭海斌,张军刚,王文文,等.耕作方式和秸秆还田对农田土壤微生物数量的影响[J].农业科技通讯,2017(12):185-188.
- [ 11 ] 韩晓增,王凤仙,王凤菊,等.长期施用有机肥对黑土肥力及作物产量的影响[J].干旱地区农业研究,2010,28(1):66-71.
- [ 12 ] Xia L, Lam S K, Yan X, et al. How does recycling of livestock manure in agroecosystems affect crop productivity, reactive nitrogen losses, and soil carbon balance? [J]. *Environmental Science & Technology*, 2017, 51(13): 7450-7457.
- [ 13 ] 陈 丽,马贤超,田宝庚,等.耕作方式与秸秆还田对土壤肥力的影响[J].安徽农业科学,2019,47(10):64-66.
- [ 14 ] 宋 炜.玉米秸秆还田培肥土壤的效果[J].黑龙江科技信息,2016(28):266.
- [ 15 ] 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.
- [ 16 ] 全国畜牧总站,中国饲料工业协会,国家畜禽养殖废弃物资源化利用科技创新联盟.土地承载力测算技术指南[M].北京:中国农业出版社,2017:2-8.
- [ 17 ] 曹庆军.春玉米抗茎倒能力评价及其化学调控技术研究[D].长春:中国科学院研究生院(东北地理与农业生态研究所),2016.
- [ 18 ] 梁 尧,蔡红光,闫孝贡,等.玉米秸秆不同还田方式对黑土肥力特征的影响[J].玉米科学,2016,24(6):107-113.
- [ 19 ] 王喜艳,张亚文,冯 燕,等.玉米秸秆深层还田技术对土壤肥力和玉米产量的影响研究[J].干旱地区农业研究,2013,31(6):103-107.
- [ 20 ] 张 畅.不同有机物料还田对土壤肥力及玉米生长发育的影响[D].长春:吉林农业大学,2016.
- [ 21 ] 王永洁,史健峰,沈艳晶,等.畜禽粪便-化肥配施对土壤理化性质影响的研究进展[J].黑龙江畜牧兽医,2018(17):54-58.

(责任编辑:王 昱)