

秸秆不同方式还田对土壤理化性质的影响

张久明¹,迟凤琴¹,匡恩俊¹,韩锦泽^{1,2},刘宝林³

(1. 黑龙江省农业科学院 土壤肥料与环境资源研究所/黑龙江省土壤环境与植物营养重点实验室/黑龙江省肥料工程技术研究中心,黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 东北农业大学 资源与环境学院,黑龙江 哈尔滨 150030; 3. 嫩江中储粮北方农业开发有限公司,黑龙江 嫩江 161400)

摘要:针对东北地区玉米种植面积逐年增加,作为重要有机物料的玉米秸秆还田存在困难,为了探索适合黑土最佳还田方式以及还田量,开展秸秆还田对土壤结构及肥力影响的研究,明确秸秆不同还田方式对提高土壤肥力和改善土壤结构的效果,进行田间试验。结果表明:玉米秸秆耕层混拌 1/2 还田和 1/3 还田较其它处理降低土壤容重,增加土壤总孔隙和田间持水量明显,较对照差异显著;秸秆全量还田和秸秆全量还田添加腐解剂处理之间差异不显著。秸秆 1/2 还田和 1/3 还田较对照增加 >2.000 mm 土壤粒级团聚体,说明有机物料最佳还田方式有助于土壤大团聚体(>0.250 mm)的形成,形成良好土壤结构。秸秆还田各处理均可以增加土壤速效养分,对土壤 pH 进行调节,并且秸秆还田后大量有机碳源的投入给土壤微生物的生长提供了碳和能源,秸秆还田不同处理微生物量 C 和微生物量 N 都相应增加。秸秆耕层混拌 1/2 还田和 1/3 还田玉米的生育指标和产量好于其它处理,表明秸秆耕层混拌 1/2 还田和 1/3 还田较其它处理方式在改善土壤结构,提高微生物活性及土壤养分,增加作物产量方面表现出优势。

关键词:秸秆还田;土壤团聚体;土壤结构;土壤养分

中图分类号:S153.621 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)09-0030-05 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.09.0030

我国是秸秆资源十分丰富的农业大国,2010 年,我国秸秆理论资源量为 8.4 亿 t,其中稻草秸秆约 2.11 亿 t,麦秸约 1.54 亿 t,玉米秸秆约 2.73 亿 t^[1]。在土壤急需培肥和农业机械化水平提高的情况下,秸秆还田是提高土壤肥力,增加土壤有机质的重要手段之一。秸秆中含有大量的中、微量元素,是物质、能量和养分的载体,是一种多用途、可再生的宝贵生物资源^[2]。秸秆深施与表施相比,土壤有机碳显著增加近 1%,同时秸秆深施和秸秆覆盖处理较有机肥处理温室气体 N₂O 的排放量减少^[3]。Børresen^[4]的研究结果表明,施入秸秆会增加作物产量,并且对于干旱年间作用更加明显。Humberto 和 Lal^[5]研究表明,免耕-秸秆覆盖使 0~5 cm 土层的土壤团聚体的稳定性、强度、保水能力均有所提高,使大团聚体中的碳增加,微团聚体里的碳减少;刘世平等^[6]研究证明,秸秆还田后在腐解过程中,能够促进土壤微粒

的团聚,有效改善土壤结构增强通气与保水能力;汪军等^[7]指出连续秸秆还田能提高稻田土壤有机质积累,同时增加土壤速效氮、速效磷、速效钾等养分含量。孙瑞莲等^[8]研究认为,秸秆还田向土壤输送大量有机碳源,从而为土壤微生物繁殖提供所需营养,促进微生物区系多样化及相关土壤酶的活性得到改善。以上结果表明,秸秆还田可以改善土壤结构,增加土壤养分,但秸秆还田方式和还田量的不同必然会影响土壤结构以及土壤养分状况。本研究通过对玉米秸秆不同还田量以及覆盖和耕层混拌的方式,研究玉米秸秆还田后对黑土理化性质及产量的影响,为有效利用秸秆资源、提高土壤肥力建立合理耕作体系提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试作物为玉米品种德美亚 2 号。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2014 年设在嫩江中储粮北方公司科技园区,试验包括玉米秸秆覆盖和秸秆耕层混拌还田两种方式,在秸秆耕层混拌还田方式中分别采用秸秆全量还田,1/3 量还田和 1/2 还田。试验小区:每个处理 6 条垄,10 m 长。

收稿日期:2016-08-02

基金项目:公益性行业(农业)科研专项资助项目(2013 03126);黑龙江省青年基金资助项目(QC2014C042);国家科技支撑计划资助项目(2013BAD07B01);2013 年黑龙江省农业科技创新工程重点资助项目

第一作者简介:张久明(1980-),男,黑龙江省绥滨县人,博士,助理研究员,从事土壤肥力和 3S 应用研究。E-mail:zjm_8049@163.com。

3 次重复,共 18 条垄,35 m 长,小区面积为 $6 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 0.65 \text{ m} = 39 \text{ m}^2$ 。土壤基本性状:有机质 $45.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全氮(N) $2.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全磷(P_2O_5) $2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全钾(K_2O) $22.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,碱解氮(N) $211.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有效磷(P_2O_5) $78.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾(K_2O) $266.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,pH 5.49。试验开始于 2012 年,种植作物为玉米(玉米品种德美亚 2 号,在调节秸秆 C/N 的基础上施肥量与当地测土施肥一致),玉米秸秆秋季采用机械还田。处理为:(1)根茬还田(对照);(2)秸秆全量还田;(3)秸秆半量还田(隔垄还);(4)秸秆量 1/3 还田(3 垄还一垄);(5)秸秆全量还田+腐解菌;(6)秸秆覆盖(与耕作技术处理共用)。

1.2.2 测定项目及方法 土壤容重:在各个试验小区分别多点采集(0~20 cm)样品,采用环刀分别采集原状土,测定土壤容重;土壤三相:采用环刀分别采集原状土,三相仪测定;土壤养分:采用常规测定方法进行测定;作物生长状况:不同生育

时期测定其生长状况,收获期测定产量;微生物量碳、氮:采用氯仿熏蒸- $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ K}_2\text{SO}_4$ 提取法,TOC 自动分析仪测定;土壤团聚体:采用团粒分析仪测定。

2 结果与分析

2.1 对土壤物理性质的影响

2014 年通过秋季田间取样分析结果表明(见图 1),秸秆 1/3 还田和秸秆 1/2 还田土壤容重下降明显,较对照下降 0.09 和 $0.08 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,秸秆 1/3 还田显著低于对照,秸秆 1/2 还田、秸秆全量还田、秸秆全量还田+腐解剂处理、秸秆覆盖处理均与对照差异不显著。秸秆全量还田和秸秆全量还田+腐解剂处理土壤容重相同,说明添加腐解剂没有表现出降低土壤容重的优势,试验各处理土壤容重大小依次是对照>秸秆覆盖>秸秆全量还田+腐解剂=秸秆全量还田>秸秆 1/2 还田>秸秆 1/3 还田。

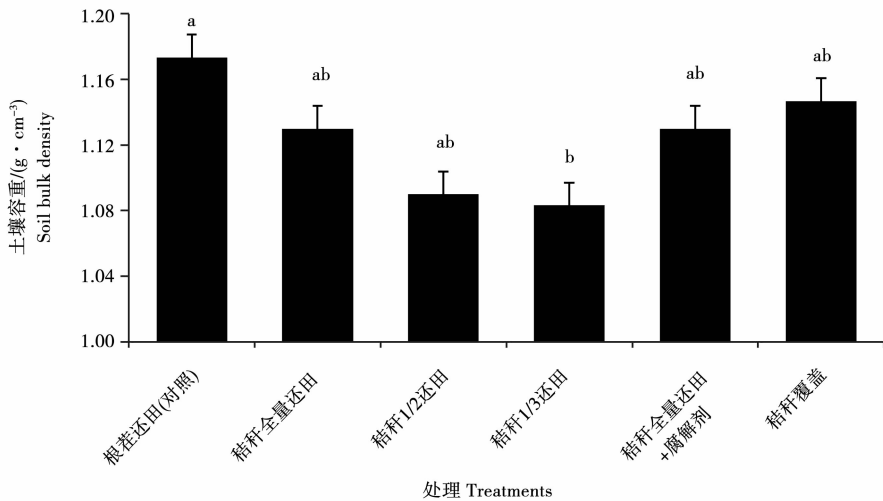


图 1 秸秆还田措施对土壤容重影响

Fig. 1 Effect of straw returning on soil bulk density

秸秆还田后土壤孔隙度较对照都有增加,幅度在 $5.3\% \sim 13.6\%$,秸秆 1/2 还田和 1/3 还田增加较高,但各处理差异不显著(见图 3);田间持水量秸秆 1/2 还田最高,为 40.84% ,较对照提高 7.9% ,差异显著,其次是秸秆全量还田和秸秆 1/3 还田分别较对照提高 6.1% 和 4.9% 。秸秆覆盖还田方式明显增加土壤水分,秸秆全量还田+腐解剂效果与与不添加腐解剂之间差异不显著(见图 2)。

由图 4 可知,将秸秆还田的不同处理土壤(0~20 cm)进行团聚体颗粒分级,土壤 $0.250 \sim$

2.000 mm 和 $0.053 \sim 0.250 \text{ mm}$ 团聚体为优势粒级,二者占土壤团聚体总量的 48.7% 和 24.5% ,明显高于其它两个粒级,这与 2006 年 Bongiovanni 的研究结果一致^[9]。秸秆 1/2 还田、1/3 还田和全量还田较对照 $> 2.000 \text{ mm}$ 大团聚体增加 17.8% 、 14.2% 和 11% ,秸秆覆盖处理 $> 2.000 \text{ mm}$ 的团聚体增加较小,说明施入最佳有机物料还田有助于土壤大团聚体的形成。

2.2 对土壤化学性质的影响

由表 1 可知,秸秆还田不同处理土壤有机质较对照增加,秸秆全量还田较对照提高 3.8% ,其

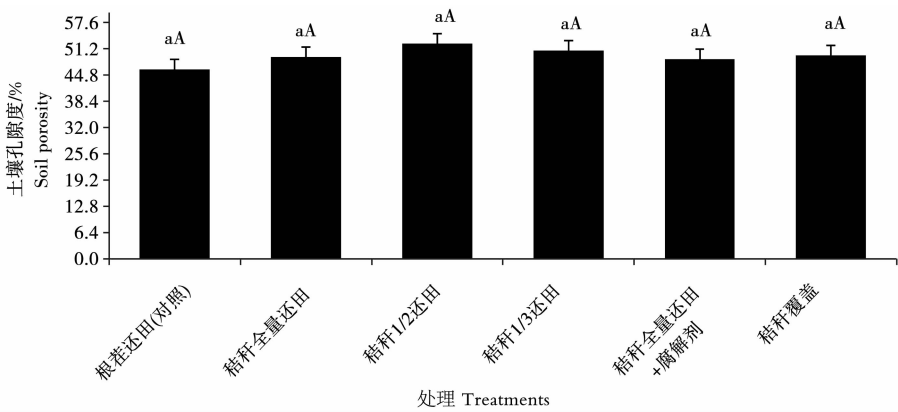


图 2 秸秆还田措施对土壤孔隙度影响
Fig. 2 Effect of straw returning on soil porosity

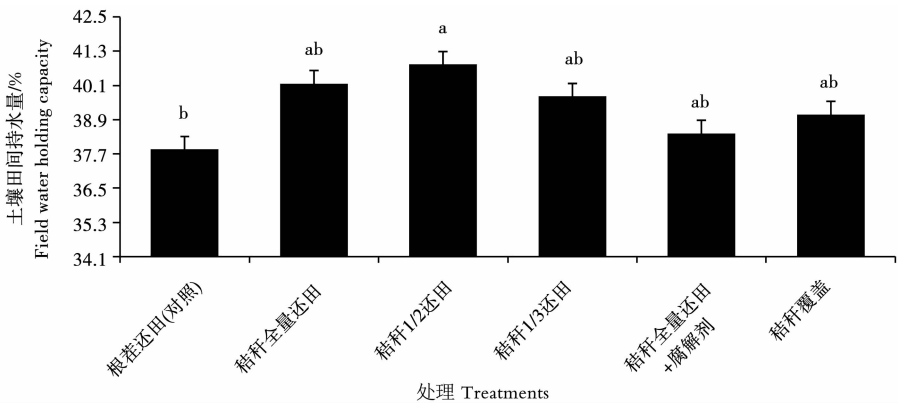


图 3 秸秆还田措施对田间持水量
Fig. 3 Effect of straw returning on field water holding capacity

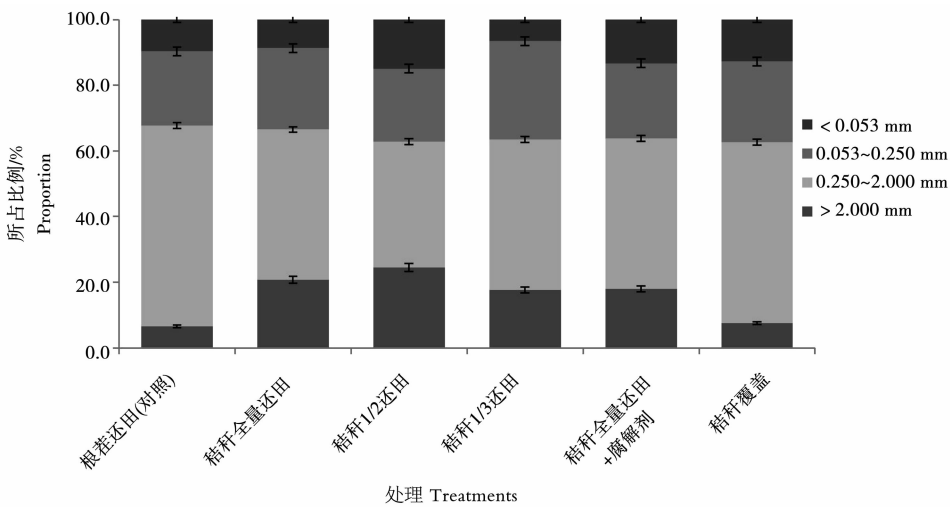


图 4 各粒级团聚体在土壤中的比例
Fig. 4 Percentage of aggregate in soil

次是秸秆 1/2 还田秸秆增加 2.1%；全量养分没有明显规律性，速效养分较对照都有不同程度增加，pH 也有所提高。说明进行秸秆还田增加土壤有机质的含量，有机质的组成主要是腐殖质

等，其成分能有效地吸附土壤中的正负离子，并促进土壤团粒结构的形成，相当于化学实验中的酸碱缓冲剂，从而调节土壤酸碱度，所以在酸性环境中就会使土壤 pH 上升。同时秸秆还田后有利于

促进团聚体的形成,并且团聚体内部的持水孔隙水多,既可以保存随水进入团聚体的水溶性养分,又适宜于嫌气性微生物的活动,有机质分解快,产生的速效养分多,供肥性能良好。

表 1 秸秆还田措施对土壤化学性质的影响

Table 1 Effect of straw returning on soil chemical properties

序号 No.	处理 Treatments	有机质/ (g·kg ⁻¹) Organic matter	全氮(N)/ (g·kg ⁻¹) Total nitrogen	全磷(P ₂ O ₅)/ (g·kg ⁻¹) Total phosphorus	全钾(K ₂ O)/ (g·kg ⁻¹) Total potassium	碱解氮(N)/ (mg·kg ⁻¹) Available nitrogen	有效磷(P ₂ O ₅)/ (mg·kg ⁻¹) Available phosphorus	速效钾(K ₂ O)/ (mg·kg ⁻¹) Available potassium	pH
1	根茬还田(对照)	47.3	2.71	2.27	23.6	156.8	80.7	161	5.52
2	秸秆全量还田	49.1	2.63	2.13	24.5	224.0	81.1	181	5.55
3	秸秆 1/2 还田	48.3	2.78	2.18	23.7	197.4	83.8	161	5.53
4	秸秆 1/3 还田	47.8	2.57	2.31	23.3	267.4	89.1	162	5.57
5	秸秆全量还田+腐解剂	47.4	2.47	2.13	23.5	203.0	85.2	167	5.57

2.3 对土壤微生物量碳氮的影响

秸秆还田后大量有机碳源的投入给土壤微生物的生长提供了碳和能源,并有效改善土壤物理性状。由表 2 可知,与根茬还田(对照)相比,秸秆还田不同处理微生物量 C 和微生物量 N 都相应增加。秸秆还田为土壤补充了有机质,提高了土壤 C/N,进而增强了对氮的固持能力;秸秆还田还具有很强的持水能力,增加土壤水分含量,防止土壤氮素的挥发,土壤微生物量氮含量进而随之增加。

2.4 产量性状

由表 3 可知,秸秆还田不同处理较对照产量增加,其中秸秆 1/3 还田和 1/2 还田较对照产量提高 17.4%和 15.3%,秸秆全量还田和对照基本持平,添加腐解剂处理和秸秆覆盖处理较对照产量增加 7.3%和 7.7%。秸秆还田处理玉米百粒重也较对照提高,幅度在 0.9%~13.4%;秸秆还田处理玉米其它生育指标也好于对照,穗长和穗

径粗增加、秃尖长降低。各处理综合表现为秸秆 1/3 还田>1/2 还田>秸秆全量还田+腐解剂>秸秆覆盖>秸秆全量还田>根茬还田(对照)。

表 2 秸秆还田处理对土壤微生物量 C、N 的影响

Table 2 Effect of straw returning on soil microbial biomass carbon and nitrogen

序号 No.	处理 Treatments	微生物量 C/ (mg·kg ⁻¹) Microbial biomass carbon	微生物量 N/ (mg·kg ⁻¹) Microbial biomass nitrogen	微生物 量 C/N Microbial C/N
1	根茬还田(对照)	429.8	53.7	8.00
2	秸秆全量还田	458.6	56.4	8.14
3	秸秆 1/2 还田	525.1	57.5	9.13
4	秸秆 1/3 还田	485.5	58.5	8.30
5	秸秆全量还田+腐解剂	458.6	56.3	8.15
6	秸秆覆盖	502.3	58.8	8.54

表 3 各处理玉米产量性状

Table 3 Maize yield character of each treatment

序号 No.	处理 Treatments	穗长/cm Ear length	秃尖长/cm Length of bare tip	茎粗/cm Diameter of stem	百粒重/g 100-grain weight	产量/ (kg·hm ⁻²) Yield	增产/% Increase yield
1	根茬还田(对照)	18.62 bA	0.69 aA	4.53 aA	25.59 aA	9628 aA	-
2	秸秆全量还田	18.61 bA	0.45 aA	4.56 aA	25.83 aA	9667 aA	0.4
3	秸秆 1/2 还田	19.57 abA	0.39 aA	4.63 aA	26.94 aA	11103 aA	15.3
4	秸秆 1/3 还田	19.74 aA	0.41 aA	4.61 aA	29.02 aA	11321 aA	17.4
5	秸秆全量还田+腐解剂	19.17 abA	0.57 aA	4.65 aA	27.69 aA	10333 aA	7.3
6	秸秆覆盖	18.67 abA	0.51 aA	4.58 aA	26.01 aA	10372 aA	7.7

3 结论

玉米秸秆耕层混拌 1/2 还田和 1/3 还田较其

它处理降低土壤容重,增加土壤总孔隙和田间持水量,秸秆还田能增加土壤中有机质的含量并使

土壤 pH 增加。原因是有机质的组成主要是腐殖质等,其成分能有效的吸附土壤中的正负离子,并促进土壤团粒结构的形成,相当于化学实验中的酸碱缓冲剂,从而进行调节土壤酸碱度,所以在酸性环境中就会使土壤 pH 上升。同时秸秆 1/2 还田和 1/3 还田较对照增加 >2.000 mm 土壤粒级团聚体,说明有机物料最佳还田方式有助于土壤大团聚体的形成,形成良好土壤结构。团聚体内部的持水孔隙水多,既可以保存随水进入团聚体的水溶性养分,又适宜于嫌气性微生物的活动,有机质分解快,产生的速效养分多,并且秸秆还田后大量有机碳源的投入给土壤微生物的生长提供了碳和能源,秸秆还田不同处理微生物量 C 和微生物量 N 都相应增加。秸秆耕层混拌 1/2 还田和 1/3 还田玉米的生育指标和产量好于其它处理,表明秸秆耕层混拌 1/2 还田和 1/3 还田较其它处理方式在改善土壤结构,提高微生物活性及土壤养分,增加作物产量方面表现出优势。

参考文献:

[1] 孙向平,李国学,肖爱平,等.添加不同比例玉米秸秆对猪粪

高温堆肥过程中胡敏酸的结构组成及红外光谱特性影响分析[J].光谱学与光谱分析,2014,34(9):2413-2418.

[2] 翟利民.秸秆深施还田蓄水效应与秸秆深施及性能的试验研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2012.

[3] 崔婷婷,窦森,杨铁因,等.秸秆深还对土壤腐殖质组成和胡敏酸结构特征的影响[J].土壤学报,2014,51(4):718-725.

[4] Børresen T. The effect of straw management and reduced tillage on soil Properties and crop yields of spring-sown cereals on tundra soils in Norway[J]. Soil & Tillage Research, 1999, 51(1/2):91-102.

[5] Blanco-Canqui H, Lal R. Soil structure and organic carbon relationships following 10 years of wheat straw management in no-till [J]. Soil & Tillage Research, 2007, 95 (1/2): 240-254.

[6] 刘世平,张洪程,戴其根,等.免耕套种与秸秆还田对农田生态环境和小麦生长的影响[J].应用生态学报,2005,16(2):393-396.

[7] 汪军,土德建,张刚,等.连续全量秸秆还田与氮肥用量对农田土壤养分的影响[J].水土保持学报,2010,24(5):40-44.

[8] 孙瑞莲,赵秉强,朱鲁生,等.长期定位施肥对土壤酶活性的影响及其调控土壤肥力的作用[J].植物营养与肥料学报,2003,9(4):406-410.

[9] Bongiovanni M D, Lobartini J C. Particulate organic matter, carbohydrate, humic acid contents in soil macro- and micro-aggregates as affected by cultivation[J]. Geoderma, 2006, 136: 660-665.

Effect of Different Straw Returning Ways on Soil Physical and Chemical Properties

ZHANG Jiu-ming¹, CHI Feng-qin¹, KUANG En-jun¹, HAN Jin-ze^{1,2}, LIU Bao-lin³

(1. Institute of Soil Fertilizer and Environment Resources, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Soil Environment and Plant Nutrition of Heilongjiang Province, Fertilizer Engineering Technology Research Center of Heilongjiang Province, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030; 3. Grain Storage of North Agricultural Development Company in Nenjiang, Nenjiang, Heilongjiang 161400)

Abstract: In the northeast China, maize acreage has increased year by year, as an important organic material of maize straw, it returns difficulty, in order to explore the best returning way and returning amount to suit black, the effects of straw returning on soil structure and fertility were researched. The results showed that maize straw mixed to topsoil, 1/2 and 1/3 returning reduced the soil bulk density than other treatments, increased the soil total porosity and field water holding capacity significantly, comparing with contrast was significant difference; Between straw full amount returning and straw full amount returning added the decomposing agent, there was not significant difference. Straw 1/2 and 1/3 returning compared to contrast increased more than 2.000 mm fraction aggregate, the best returning way of soil organic material improved large aggregate (>0.250 mm) and the formation of good soil structure. Each treatment of straw returning could increase soil available nutrient and adjust soil pH, after straw returning, a considerable investment of organic carbon source provided carbon and energy sources for the growth of the soil microbial, microbial biomass carbon and microbial biomass nitrogen were increased in straw returning different treatment. 1/2 and 1/3 returning in straw mixed to topsoil, the maize growth indexes and yield was better than other treatment, showed that 1/2 and 1/3 returning in straw mixed to topsoil improved soil structure than other treatment, improved the microbial activity and soil nutrient, showed the advantage to increase crop yields.

Keywords: straw returning; soil aggregates; soil structure; soil nutrient