

# 秸秆还田配合施肥措施对玉米产量及耕层土壤质量的影响

葛选良<sup>1, 2</sup>, 钱春荣<sup>1\*</sup>, 李 梁<sup>1</sup>, 姜宇博<sup>1</sup>, 宫秀杰<sup>1</sup>, 吕国依<sup>1</sup>

(1. 黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所 / 农业农村部东北地区作物栽培科学观测实验站, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 内蒙古民族大学农学院, 内蒙古 通辽 028043)

**摘 要:** 通过分析不同施肥措施玉米耕层土壤碳、氮含量及相关关键酶活性和产量特征, 探讨秸秆全量还田条件下不同施肥措施玉米产量差异的形成原因, 为进一步提升黑龙江省第一积温带玉米耕层土壤生产能力提供理论和技术支持。试验以黑龙江省第一积温带主栽品种京农科 728 为试验材料, 采用大区对比试验设计, 设置掺混肥 + 尿素 (NHF)、碳基肥 + 尿素 (TJF) 和控释肥 (KSF) 3 个施肥措施, 研究了秸秆还田配合施肥措施对玉米耕层土壤碳、氮含量及相关关键酶活性和产量的影响, 分析了秸秆还田配合施肥措施玉米耕层土壤有机碳、微生物量碳、铵态氮、硝态氮、碱解氮、微生物量氮含量和土壤脲酶、过氧化氢酶、纤维素酶、蔗糖酶活性的变化规律。结果表明, 与 NHF 相比, 灌浆期 TJF 土壤有机碳、土壤微生物量碳含量分别提高了 7.67%、7.29%, 土壤铵态氮、土壤硝态氮、土壤碱解氮、土壤微生物量氮含量分别提高了 1.97%、7.77%、7.29%、6.28%, 土壤脲酶、土壤过氧化氢酶、土壤纤维素酶、土壤蔗糖酶活性分别提高了 23.29%、5.92%、7.97%、15.70%; KSF 土壤有机碳、土壤微生物量碳含量分别提高了 10.80%、10.86%, 土壤铵态氮、土壤硝态氮、土壤碱解氮、土壤微生物量氮含量分别提高了 21.39%、12.30%、31.97%、21.08%, 土壤脲酶、土壤过氧化氢酶、土壤纤维素酶、土壤蔗糖酶活性分别提高了 25.81%、24.35%、12.76%、18.93%。与 NHF 相比, TJF、KSF 产量分别提高了 1.99% 和 13.24%。本研究推荐, 秸秆全量还田条件下黑龙江省第一积温带玉米生产适宜施肥模式为 70 cm 宽行 + 40 cm 窄行大垄双行种植, 配施控释肥 600 kg/hm<sup>2</sup>。  
**关键词:** 秸秆还田; 施肥措施; 玉米; 产量; 土壤质量

玉米作为黑龙江省第一大粮食作物, 按秸秆与籽粒比 1.25:1 和可收集率 90% 计算, 2012 至 2016 年黑龙江省玉米秸秆量均在 3300 万 t 以上<sup>[1-3]</sup>。作为提升耕层土壤肥力的重要有机肥源, 玉米秸秆直接还田可有效解决因长期重用轻养而导致的耕层土壤有机质衰减, 结构变差, 肥力退化等问题。但大量玉米秸秆还田后会导致微生物汲取土壤氮素, 从而与玉米争夺土壤氮素, 引起耕层土壤矿质氮降低和碳氮比失调, 进而影响还田秸秆的有效腐解<sup>[4]</sup>。合理的施肥模式利于土壤微生物繁殖, 进而

促进还田秸秆腐解和养分释放, 氮肥种类、施用量及施用方式对秸秆还田效果的影响均较大<sup>[5-7]</sup>。目前关于不同施氮量对玉米产量和氮代谢影响的报道较多, 但针对黑龙江省第一积温带玉米秸秆全量还田条件下不同施肥模式耕层土壤质量和产量的研究相对较少。本研究以深翻整地实现玉米秸秆全量还田为前提, 通过研究不同施肥模式对玉米耕层土壤碳、氮含量及相关关键酶活性和产量的影响, 优化改进黑龙江省第一积温带雨养地区玉米施肥模式, 进而保持玉米耕层土壤持续生产能力, 为进一步提升黑龙江省第一积温带玉米生产能力提供理论依据和技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2016 ~ 2017 年在黑龙江省哈尔滨市双城区幸福乡庆城村 (N 45° 46', E 126° 40') 进行, 年平均温度 4.4 °C, ≥ 10 °C 积温 2700 °C, 年降水量 481 mm, 无霜期 140 d。试验地土壤类型为黑钙土, 试验开始前耕层土壤主要养分有机质 1.956 g/kg、全氮 0.466 g/kg、全磷 0.221 g/kg、全钾

收稿日期: 2019-12-03; 录用日期: 2020-04-06

基金项目: 国家重点研发计划“粮食丰产增效科技创新”重点专项 (2017YFD0300505-1); 黑龙江省自然科学基金联合引导项目 (LH2019C060); 国家重点研发计划“化学肥料和农药减施增效综合技术研发”重点专项 (2017YFD0201803-4); 国家玉米产业技术体系专项 (CARS-02-34)。

作者简介: 葛选良 (1984-), 男 (蒙古族), 内蒙古通辽市人, 助理研究员, 博士, 主要从事玉米高产高效栽培技术研究。E-mail: gexuanliang@163.com。

通讯作者: 钱春荣, E-mail: qcr3906@163.com。

2.562 g/kg、碱解氮 206.47 mg/kg、有效磷 55.21 mg/kg、速效钾 117.17 mg/kg, pH 6.27。试验地块玉米连作, 地力均匀, 地势平坦, 适宜规模化种植, 可进行全程机械化操作。

## 1.2 试验设计

试验采用大区对比设计, 设置掺混肥 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=12-18-15) + 尿素 (N ≥ 46%) (NHF)、碳基肥 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=23-10-7) + 尿素 (N ≥ 46%) (TJF) 和控释肥 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=24-11-12) (KSF) 3 个施肥措施, 三者的底肥施用量分别为 562.5、600 和 600 kg/hm<sup>2</sup>, NHF 处理和 TJF 处理的追肥量均为 75 kg/hm<sup>2</sup>。每个处理 0.667 hm<sup>2</sup>, 不设重复。2016 年 10 月 17 日整地, 玉米机收后, 秸秆还田机进行秸秆二次粉碎还田作业, 之后 210 马力拖拉机带 5 铧液压翻转犁进行深翻, 深度 25 ~ 30 cm, 之后液压耙 30°角交叉重耙 2 遍, 耙深 15 ~ 17 cm, 起 110 cm 大垄并镇压 1 遍, 2017 年 4 月 30 日种肥同播, 底肥一次性机械深施垄下 15 cm。供试品种为京农科 728, 播种密度 67500 株/hm<sup>2</sup>, 封闭除草, 拔节期追肥, 熟期测产。

## 1.3 测定项目与方法

### 1.3.1 耕层土壤碳、氮含量

灌浆期、成熟期分别在各处理耕层 20 cm 处取土样, 6 次重复, 样品混匀后, 液氮速冻处理, 并于 -80℃ 低温冰柜中保存。参照《土壤农化分析》的方法<sup>[8]</sup>, 土壤有机碳用重铬酸钾容量法测定; 土壤碱解氮用碱解扩散法测定; 土壤铵态氮 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) 和硝态氮 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) 用 0.1 mol/L CaCl<sub>2</sub> 溶液浸提, SEALAA3 流动注射分析仪测定; 土壤微

生物量氮、微生物量碳用氯仿熏蒸, 0.5 mol/L K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浸提, ANALYTIKJENA multi N/C3100 仪测定有机氮、碳, 其中土壤微生物量氮含量以熏蒸和未熏蒸土壤有机氮之差除以 K<sub>E</sub> (0.54)<sup>[9]</sup> 得到, 土壤微生物量碳含量以熏蒸和未熏蒸土壤的有机碳之差除以 K<sub>E</sub> (0.45)<sup>[10]</sup> 得到。

### 1.3.2 耕层土壤酶活性

灌浆期、成熟期分别在各处理耕层 20 cm 处取土样, 6 次重复, 样品混匀后, 液氮速冻处理, 并于 -80℃ 低温冰柜中保存。称取 3 份 0.15 g 土壤, 加入 1.35 mL 的 pH 7.4 的磷酸缓冲盐溶液, 充分混匀, 4℃, 3000 r/min, 离心 20 min, 收集上清液, 采用相应酶联免疫吸附测定试剂盒 (ELISA) 测定土壤脲酶、纤维素酶、过氧化氢酶和蔗糖酶活性。

### 1.3.3 产量与产量构成

成熟期在各处理选取 3 个 10 行 × 10 m 小区, 实收测定果穗产量, 之后随机取 30 个果穗, 测定穗长、果穗中部的直径、行数、中等行的行粒数, 最后脱粒测定含水量, 随机取 100 粒籽粒, 测定百粒重, 3 次重复, 重复间差异小于 0.5 g, 同时折算成标准含水量 (14%) 的产量。

## 1.4 数据分析

利用 SPSS 21.0 和 Graph Pad Prism 6 进行数据处理与分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 秸秆还田配合施肥措施对玉米耕层土壤碳素含量的影响

由图 1 可见, 不同施肥措施玉米生育中后期耕

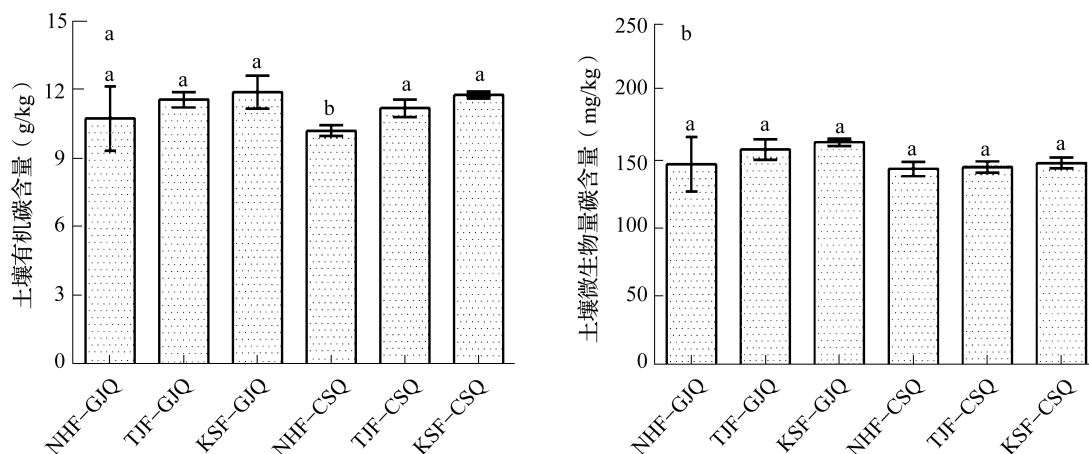


图 1 不同施肥措施玉米耕层土壤碳素含量

注: 图中不同小写字母表示处理间差异达 0.05 水平。下同; GJQ 和 CSQ 分别代表灌浆期和成熟期。下同。

层土壤有机碳和土壤微生物量碳含量均以 KSF 为最高, TJF 次之, NHF 最低。生育中后期不同施肥措施土壤有机碳含量的差异不尽相同。与 NHF 相比, 灌浆期 TJF、KSF 土壤有机碳含量分别提高了 7.67%、10.80%; 成熟期 TJF、KSF 土壤有机碳含量分别提高了 9.66%、15.34% (图 1a)。生育中后期不同施肥措施土壤微生物量碳含量的差异均不显著。与 NHF 相比, 灌浆期 TJF、KSF 土壤微生物量碳含量分别提高了 7.29%、10.86%; 成熟期 TJF、KSF 土壤微生物量碳含量分别提高了 0.98%、3.18% (图 1b)。

### 2.2 秸秆还田配合施肥措施对玉米耕层土壤氮素含量的影响

由图 2 可见, 不同施肥措施玉米生育中后期耕层土壤铵态氮、土壤硝态氮、土壤碱解氮和土壤微生物量氮含量均以 KSF 为最高, TJF 次之, NHF 最低。生育中后期不同施肥措施土壤铵态氮含量的差

异不尽相同。与 NHF 相比, 灌浆期 TJF、KSF 土壤铵态氮含量分别提高了 1.97%、21.39%; 成熟期 TJF、KSF 土壤铵态氮含量分别提高了 17.75%、21.03% (图 2a)。生育中后期不同施肥措施土壤硝态氮含量的差异均不显著。与 NHF 相比, 灌浆期 TJF、KSF 土壤硝态氮含量分别提高了 7.77%、12.30%; 成熟期 TJF、KSF 土壤硝态氮含量分别提高了 3.05%、15.98% (图 2b)。生育中后期不同施肥措施土壤碱解氮含量的差异均显著。与 NHF 相比, 灌浆期 TJF、KSF 土壤碱解氮含量分别提高了 7.29%、31.97%; 成熟期 TJF、KSF 土壤碱解氮含量分别提高了 12.06%、17.87% (图 2c)。生育中后期不同施肥措施土壤微生物量氮含量的差异不尽相同。与 NHF 相比, 灌浆期 TJF、KSF 土壤微生物量氮含量分别提高 6.28%、21.08%; 成熟期 TJF、KSF 土壤微生物量氮含量分别提高了 0.64%、7.05% (图 2d)。

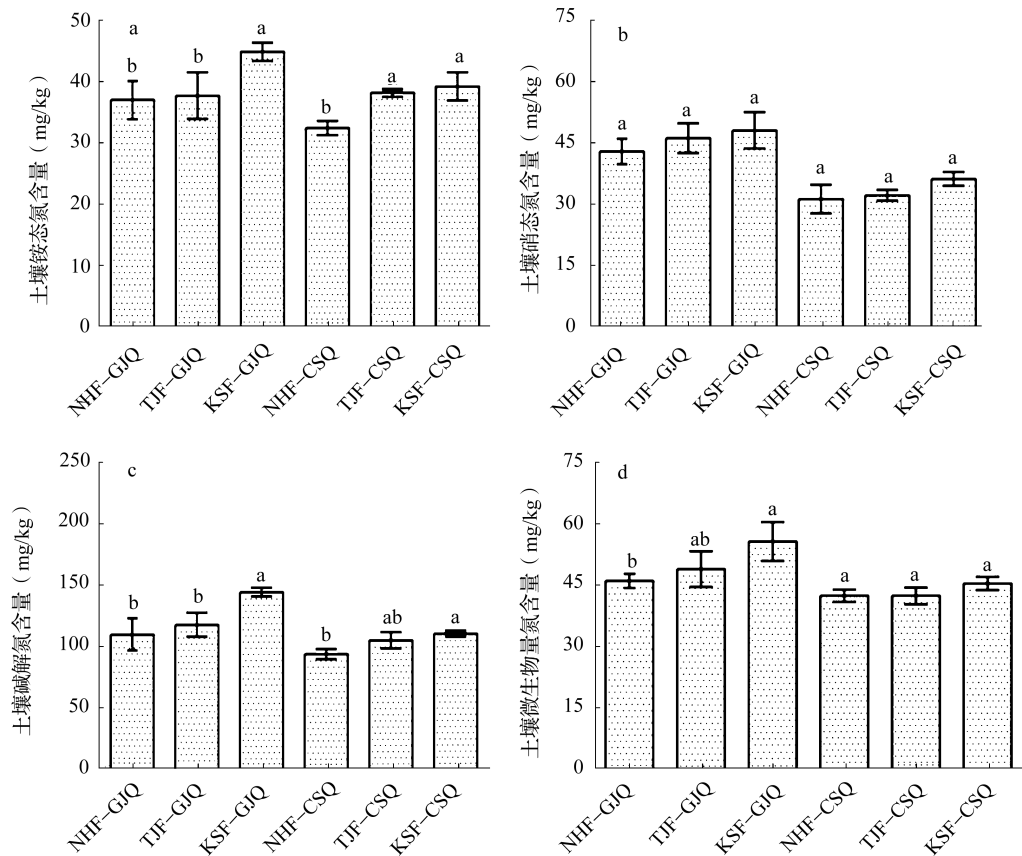


图 2 不同施肥措施玉米耕层土壤氮素含量

### 2.3 秸秆还田配合施肥措施对玉米耕层土壤酶活性的影响

由图 3 可见, 不同施肥措施玉米生育中后期耕

层土壤脲酶、过氧化氢酶、纤维素酶和蔗糖酶活性均以 KSF 为最强, TJF 次之, NHF 最弱。生育中后期不同施肥措施土壤脲酶活性的差异显著。与

NHF 相比, 灌浆期 TJF、KSF 土壤脲酶活性分别提高了 23.29%、25.81%; 成熟期 TJF、KSF 土壤脲酶活性分别提高了 15.72%、27.45% (图 3a)。生育中后期不同施肥措施土壤过氧化氢酶活性的差异显著。与 NHF 相比, 灌浆期 TJF、KSF 土壤过氧化氢酶活性分别提高 5.92%、24.35%; 成熟期 TJF、KSF 土壤过氧化氢酶活性分别提高了 8.70%、21.54% (图 3b)。生育中后期不同施肥措施土壤纤

维素酶活性的差异不尽相同。与 NHF 相比, 灌浆期 TJF、KSF 土壤纤维素酶活性分别提高了 7.97%、12.76%; 成熟期 TJF、KSF 土壤纤维素酶活性分别提高了 8.14%、11.55% (图 3c)。生育中后期不同施肥措施土壤蔗糖酶活性的差异不显著。与 NHF 相比, 灌浆期 TJF、KSF 土壤蔗糖酶活性分别提高了 15.70%、18.93%; 成熟期 TJF、KSF 土壤蔗糖酶活性分别提高了 23.55%、24.86% (图 3d)。

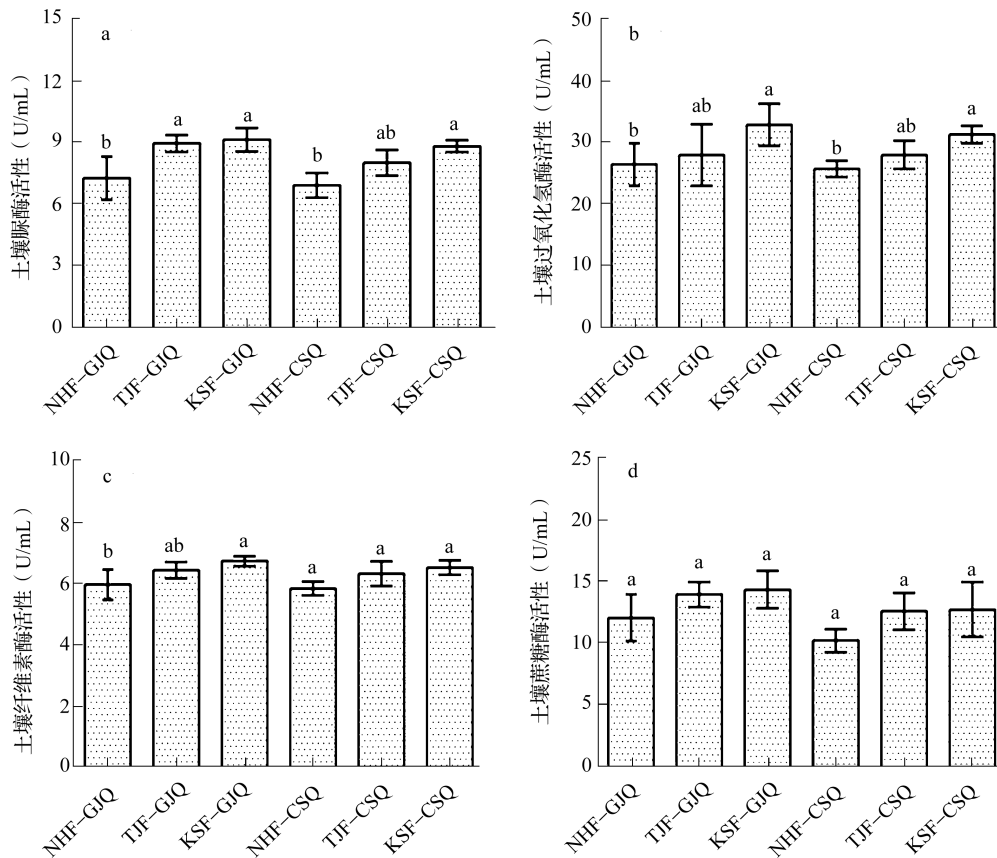


图 3 不同施肥措施玉米耕层土壤酶活性

#### 2.4 秸秆还田配合施肥措施对玉米产量与产量构成因素的影响

由表 1 可见, 除千粒重外, 不同施肥措施玉米收获穗数、穗粒数和产量均以 KSF 为最高, TJF 次之, NHF 最低。KSF、TJF 和 NHF 收获穗数、穗粒数间的差异均不显著, 三者千粒重、产量间的差异显著。

与 NHF 相比, TJF、KSF 收获穗数分别增加 2.91% 和 12.62%, 穗粒数分别增加 0.07% 和 1.25%, 产量分别提高 1.99% 和 13.24%; 千粒重以 KSF 为最高, NHF 次之, TJF 最低, KSF、NHF 分别较 TJF 提高 0.62% 和 4.34%。可见, KSF 产量构成因素最为合理, 单穗产量更高, 丰产性更强, 群体产量最高。

表 1 不同施肥措施玉米产量与产量构成因素

施肥措施	穗数 ( $10^4$ 穗 / $\text{hm}^2$ )	穗粒数 (粒)	千粒重 (g)	产量 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )
NHF	$5.05 \pm 0.18\text{aA}$	$568 \pm 9.53\text{aA}$	$456.7 \pm 3.62\text{bAB}$	$10513.0 \pm 185.2\text{bB}$
TJF	$5.20 \pm 0.18\text{aA}$	$569 \pm 6.08\text{aA}$	$453.8 \pm 3.30\text{bB}$	$10722.3 \pm 217.4\text{bB}$
KSF	$5.69 \pm 0.21\text{aA}$	$575 \pm 11.82\text{aA}$	$473.5 \pm 1.46\text{aA}$	$11904.7 \pm 66.5\text{aA}$

注: 同列数据后不同小、大写字母分别表示差异达 0.05、0.01 水平。

### 3 讨论

农作物秸秆是重要的有机肥源,含有作物生长需要的多种营养元素。还田作物秸秆在土壤微生物的作用下,经过一系列的土壤生物化学过程,腐解于耕层土壤中,从而改善土壤的水热条件<sup>[11-12]</sup>,使土壤动物的数量和活力显著提高<sup>[13]</sup>,增加土壤养分和有机质含量<sup>[14-16]</sup>。控释肥根据作物吸肥规律释放养分<sup>[17]</sup>,减少土壤 N<sub>2</sub>O 的排放,提高肥料利用率<sup>[18]</sup>,显著降低氮素的淋溶和挥发<sup>[19]</sup>,减少施用化肥对环境 and 地下水的污染<sup>[20]</sup>。通过采用适宜的耕作模式,减少机械作业和劳动力投入,合理施用控释肥,可保持秸秆还田后耕层土壤的碳氮平衡,从而保证玉米生育中后期耕层土壤的氮源充足,为生育中后期玉米群体碳氮代谢和产量形成提供保障。本研究结果表明,秸秆还田配合施用控释肥对玉米耕层土壤不同形态碳素、氮素和土壤酶活性均有不同程度的提高,有利于生育中后期耕层土壤养分的运转,进而提高玉米产量,这与前人<sup>[20-22]</sup>的研究结果相近。

### 4 结论

秸秆还田条件下不同施肥措施玉米生育中后期耕层土壤碳素、土壤氮素含量和土壤酶活性均呈现相同的变化趋势,秸秆还田配合施用 KSF 可显著提高土壤有机碳、土壤铵态氮、土壤碱解氮和土壤微生物量氮含量,同时显著提高土壤脲酶、土壤过氧化氢酶和土壤纤维素酶活性,最终增产达 13.24%。本研究推荐,秸秆全量还田条件下黑龙江省第一积温带玉米生产适宜施肥模式为 70 cm 宽行+40 cm 窄行大垄双行种植,配施控释肥 600 kg/hm<sup>2</sup>。

### 参考文献:

- [1] 王亚静,毕于运,高春雨. 中国秸秆资源可收集利用量及其适宜性评价[J]. 中国农业科学, 2010, 43(9): 1852-1859.
- [2] 崔胜先,谢光辉,董仁杰. 灰色系统理论在黑龙江省农作物秸秆可收集量预测中的应用[J]. 东北农业大学学报, 2011, 42(8): 123-130.
- [3] 黑龙江县(市)农村经济社会统计概要(2017)[M]. 哈尔滨: 黑龙江省统计局, 2017.
- [4] 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.
- [5] 周海燕,吴德敏,李彦,等. 秸秆还田条件下不同氮肥运筹对冬小麦产量、农艺性状及氮素利用效率的影响[J]. 山东农业科学, 2011(5): 55-59.
- [6] 匡恩俊,迟凤琴,宿庆瑞,等. 不同还田方式下玉米秸秆腐解规律的研究[J]. 玉米科学, 2012, 20(2): 99-101, 106.
- [7] 蔡立群,牛怡,罗珠珠,等. 秸秆促腐还田土壤养分及微生物量动态变化[J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(9): 1047-1056.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析(第3版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [9] 何振立. 土壤微生物量的测定方法: 现状和展望[J]. 土壤学进展, 1994, 22(4): 36-44.
- [10] 陈果,刘岳燕,姚槐应,等. 一种测定淹水土壤中微生物生物量碳的方法: 液氯熏蒸浸提-水浴法[J]. 土壤学报, 2006, 43(6): 981-988.
- [11] Palm C, Blanco-canqui H, DeClerck F, et al. Conservation agriculture and ecosystem services: An overview[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2014, 187(2): 87-105.
- [12] Kuang E J, Chi F Q, Jeng A S, et al. A comparison of different methods of decomposing maize straw in China[J]. Acta Agriculturae Scandinavica, 2014, 63(2): 186-194.
- [13] 赵秀玲,任永祥,赵鑫,等. 华北平原秸秆还田生态效应研究进展[J]. 作物杂志, 2017(1): 1-7.
- [14] 马永良,师宏奎,张书奎,等. 玉米秸秆整株全量还田土壤理化性状的变化及其对后茬小麦生长的影响[J]. 中国农业大学学报, 2003, 8(增刊): 42-46.
- [15] 武志杰,张海军,许广山,等. 玉米秸秆还田培肥土壤的效果[J]. 应用生态学报, 2002, 13(5): 539-542.
- [16] Zhang Y L, Li C H, Wang Y W, et al. Maize yield and soil fertility with combined use of compost and inorganic fertilizers on a calcareous soil on the North China Plain[J]. Soil & Tillage Research, 2016, 155: 85-94.
- [17] 张民,杨越超,宋付朋,等. 包膜控释肥料研究与产业化开发[J]. 化肥工业, 2005, 32(2): 7-13.
- [18] 邵蕾,王丽霞,张民,等. 控释肥类型及氮素水平对氮磷钾利用率的影响[J]. 水土保持学报, 2009, 23(4): 170-175.
- [19] 丁雪丽,何红波,李小波,等. 不同供氮水平对玉米秸秆降解初期碳素矿化及微生物量的影响[J]. 土壤通报, 2008, 39(4): 784-788.
- [20] 张华艳,牛灵安,郝晋珉,等. 秸秆还田配施缓控释肥对土壤养分和作物产量的影响[J]. 土壤通报, 2018, 49(1): 140-149.
- [21] 于镇华,李彦生,金剑,等. 不同施肥措施对农田黑土剖面土壤酶活性特征的影响[J]. 土壤与作物, 2018, 7(3): 276-283.
- [22] 冯爱青,张民,路艳艳,等. 控释氮用量及生物炭对玉米产量及土壤生物化学性质的影响[J]. 水土保持学报, 2014, 28(2): 159-164.

**Effects of straw returning cooperated with fertilizer practice on yield of maize and soil quality of tillage layer**

GE Xuan-liang<sup>1, 2</sup>, QIAN Chun-rong<sup>1\*</sup>, LI Liang<sup>1</sup>, JIANG Yu-bo<sup>1</sup>, GONG Xiu-jie<sup>1</sup>, LÜ Guo-yi<sup>1</sup> (1. Institute of Crop Cultivation and Farming, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Scientific Observing and Experimental Station of Crop Cultivation in Northeast China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, Harbin Heilongjiang 150086; 2. College of Agronomy, Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao Inner Mongolia 028043)

**Abstract:** In order to investigate the formation reasons of maize yield with different fertilizer practices in the first accumulative temperate zone in Heilongjiang province, the content of carbon and nitrogen, activities of related key enzymes in surface soil and yields under different fertilizer patterns were analyzed under the condition of full straw returning to provide theoretical and technical support for enhancements of maize production capacity. Using the introduced cultivation variety Jingnongke 728 in the first accumulated temperature zone of Heilongjiang province as experimental materials and adopting the plot contrast design, the treatments of farmer fertilizer+urea (NHF), carbon basal fertilizer+urea (TJF) and controlled release fertilizer (KSF) were built. Effects of straw returning cooperated with different fertilizer practice on the content of carbon and nitrogen, activities of related key enzymes in surface soil and yield were studied. Meanwhile, the change rules of soil physicochemical indexes of organic carbon, microbial carbon, ammonia nitrogen, nitrate nitrogen, available nitrogen, microbial nitrogen and activities of urease, protease, cellulase and invertase in surface soil were analyzed. The results showed as follows: Compared with NHF, content of soil organic carbon and soil microbial biomass carbon of TJF in grain filling stage increased by 7.67% and 7.29%, content of soil ammonium nitrogen, soil nitrate nitrogen, soil available nitrogen and soil microbial biomass nitrogen increased by 1.97%, 7.77%, 7.29% and 6.28%, and activities of soil urease, soil catalase, soil cellulase and soil sucrase increased by 23.29%, 5.92%, 7.97% and 15.70% respectively; content of soil organic carbon and soil microbial biomass carbon of KSF in grain filling stage increased by 10.80% and 10.86%, content of soil ammonium nitrogen, soil nitrate nitrogen, soil available nitrogen and soil microbial biomass nitrogen increased by 21.39%, 12.30%, 31.97% and 21.08%, activities of soil urease, soil catalase, soil cellulase and soil sucrase increased by 25.81%, 24.35%, 12.76% and 18.93% respectively. Yield of TJF and KSF increased by 1.99% and 13.24% respectively. The study recommends the suitable cultivation model for maize production in the first accumulative temperate zone in Heilongjiang province is the double rows planting which means that one 70 cm wide row with 40 cm narrow row, assisting in the application of 600 kg/hm<sup>2</sup> controlled release fertilizer under the condition of full straw returning.

**Key words:** straw returning; fertilizer practice; maize; yield; soil quality