



徐妍,王宇先,赵蕾,等. 黑龙江省半干旱区秸秆还田与氮肥配施对玉米产量及经济效益的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2023(4):5-8.

# 黑龙江省半干旱区秸秆还田与氮肥配施对玉米产量及经济效益的影响

徐妍,王宇先,赵蕾,于海林,王冰雪,刘悦,兰英

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006)

**摘要:**为促进作物高产稳产,设置秸秆还田(S)与不还田(即秸秆移出,N)两种模式,氮肥共设8个处理,分别为0(不施氮肥)、CK(常规施氮肥,播种时一次性施入氮肥  $75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、磷肥  $120 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  和钾肥  $55 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  作基肥,春玉米拔节期追施氮肥  $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )、常规氮肥分别加10%、20%、30%处理(+10%、+20%、+30%)和常规氮肥分别减10%、20%、30%处理(-10%、-20%、-30%)探索秸秆还田模式下不同氮肥处理对玉米产量及经济效益的影响。结果表明,不施氮肥处理,秸秆移出模式下玉米产量高于秸秆还田,增产18.35%;施氮处理秸秆还田模式下玉米产量均高于秸秆移出模式,增幅为0.22%~7.94%。秸秆还田模式下+10%处理玉米净收益高于其他处理,至少增收486.41元 $\cdot \text{hm}^{-2}$ ,农户在生产中可以采用秸秆还田适当增加氮肥的方式提高玉米产量,进而获得更好的经济效益。

**关键词:**玉米;秸秆还田;氮肥;产量;经济效益

农作物秸秆是一种可再生生物资源<sup>[1]</sup>,含有丰富的营养元素和有机物质<sup>[2]</sup>,对改善土壤养分平衡、提高土壤肥力具有重要作用<sup>[3-4]</sup>。我国是农业大国,秸秆资源丰富,年产量高达8亿t<sup>[5]</sup>,但秸秆肥料利用率低,仅为30%左右<sup>[6]</sup>,焚烧秸秆不仅浪费资源,还污染环境<sup>[7]</sup>。秸秆还田是秸秆肥料化利用的有效途径<sup>[8-9]</sup>,研究表明,秸秆还田不仅可以增加土壤有机质含量<sup>[10]</sup>、减缓地力衰竭<sup>[11]</sup>,提高作物产量<sup>[12]</sup>,还可以提高秸秆利用率,减少环境污染<sup>[13]</sup>,可以说是双赢举措。氮素是影响玉米生长发育的必要元素,适量的氮肥可以提高作物产量<sup>[14]</sup>。氮肥过量施用不仅会降低其利用率,还会使作物产量下降,影响经济效益<sup>[15-16]</sup>。

面对当前秸秆肥料利用率低及氮肥过量施用等问题,秸秆还田配施适宜氮肥成为近年研究热点,然而关于高纬度半干旱地区秸秆还田和施氮量对作物产量及经济效益影响的研究还较少。因此,本试验通过设置不同施氮梯度,探讨秸秆还田下不同施氮量对玉米产量的影响,对于区域玉米生产具有重要

意义,旨在为促进黑龙江省松嫩平原秸秆还田下高效施氮,提高土壤持续生产能力,并实现作物高产稳产提供理论依据和技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

本试验于2021年在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院试验基地进行。试验基地位于齐齐哈尔市富拉尔基区,松嫩平原西部,属于半干旱气候区,土壤类型为碳酸盐黑钙土,土壤基础肥力为有机质含量  $25.24 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,碱解氮含量  $98.32 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,有效磷含量  $15.82 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效钾含量  $131.11 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,pH7.9。

### 1.2 材料

供试玉米品种为嫩单19。

### 1.3 方法

**1.3.1 试验设计** 本试验采用秸秆还田和氮肥两个因素的随机区组设计,秸秆设还田(S)与不还田即秸秆移出(N)两种处理,秸秆还田采用秸秆粉碎后全量覆盖还田的方式,氮肥共设8个处理,分别为0(不施氮肥)、CK(常规施氮肥,播种时一次施入氮肥  $75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、磷肥  $120 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  和钾肥  $55 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  作基肥,春玉米拔节期追施氮肥  $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  作为追肥)、+10%、+20%、+30%(常规氮肥分别加10%、20%、30%)、-10%、-20%、-30%(常规氮肥分别减10%、20%、30%)。试验田各小区采用铁板进行隔断,铁板隔断高70cm,其中地上部分15cm,地下部

收稿日期:2022-11-01

**基金项目:**黑龙江省农业科学院科研成果培育项目(2020FJZX-029);齐齐哈尔市科技计划创新激励项目(CNYGG-2021028, CNYGG-2021027)。

**第一作者:**徐妍(1989—),女,硕士,助理研究员,从事作物耕作栽培研究。E-mail:xuyan19890516@126.com。

**通信作者:**王宇先(1982—),男,硕士,副研究员,从事旱作农业技术研究。E-mail:wxyx13836209470@163.com。

分 55 cm,每个小区 10 条垄,10 m 行长,面积 65 m<sup>2</sup>, 3 次重复,共计 48 个小区。

1.3.2 测定项目及方法 收获期每个小区选取中间两垄(共 20 m 长)进行玉米产量相关性状和产量测定,产量按照 14%含水量进行折算,并计算相应效益。

1.3.3 数据处理 采用 Excel 2017 进行数据分析,采用 SPSS 21.0 数据处理系统进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 秸秆还田模式和不同氮肥处理对玉米产量及产量构成指标的影响

如表 1 所示,各处理间在穗粗、穗行数上差异不显著,秸秆还田模式下不施氮肥处理穗长和行粒数与其他处理间存在显著差异,秸秆还田与移出模式下不施氮肥处理百粒重与其他处理间存在

显著差异。

秸秆移出模式下,随着氮肥增加,玉米产量呈先增加后减少的线性变化,其中常规氮肥处理(CK)玉米产量最高,为 10 694.34 kg·hm<sup>-2</sup>;秸秆还田模式下,随着氮肥增加,玉米产量也呈先增加后减少的线性变化,其中+10%处理(常规氮肥加 10%)玉米产量最高,为 11 053.08 kg·hm<sup>-2</sup>。

不施氮肥处理,秸秆移出模式下玉米产量高于秸秆还田,增产 18.35%,差异不显著。除不施氮肥处理外,其余施氮措施秸秆还田模式下玉米产量均高于秸秆移出,产量增加 0.22%~7.94%,但差异不显著。说明氮肥处理配合秸秆还田相较于秸秆移出更有利于玉米产量的提高。秸秆还田模式下,+10%处理(常规氮肥加 10%)玉米产量高于其他处理,说明秸秆还田下适量增加氮肥有利于玉米产量的提高(表 1)。

表 1 秸秆还田模式和不同氮肥处理对玉米产量及产量构成指标的影响

还田模式	氮肥处理	穗长/cm	穗粗/cm	穗行数	行粒数	百粒重/g	产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )
秸秆移出(N)	0	19.00±1.00 ab	5.17±0.25 a	14.00±0.00 a	38.67±2.08 b	25.37±0.50 a	6044.08±302 a
	-30%	20.83±0.29 b	5.33±0.21 a	16.00±0.00 a	39.67±1.15 b	29.20±1.41 b	9749.49±600 b
	-20%	20.83±0.29 b	5.17±0.29 a	14.67±1.15 a	42.33±1.53 b	29.90±0.56 b	10239.18±560 b
	-10%	21.17±0.76 b	5.50±0.10 a	16.67±1.15 a	41.00±2.00 b	30.20±1.40 b	10398.43±467 b
	CK	21.00±0.50 b	5.50±0.12 a	16.67±1.15 a	41.33±1.53 b	29.07±1.00 b	10694.34±562 b
	+10%	20.33±1.15 b	5.33±0.29 a	15.33±1.15 a	39.00±2.00 b	29.63±1.68 b	10240.18±634 b
	+20%	20.67±1.53 b	5.17±0.29 a	16.00±2.00 a	40.00±1.73 b	30.07±1.86 b	10111.50±288 b
	+30%	20.17±0.76 b	5.33±0.29 a	15.33±1.15 a	39.67±2.08 b	29.83±1.30 b	9899.60±610 b
秸秆还田(S)	0	17.33±0.58 a	5.17±0.26 a	14.67±1.15 a	34.67±2.08 a	25.03±0.55 a	5107.08±407 a
	-30%	20.17±1.04 b	5.17±0.29 a	14.67±1.15 a	41.00±1.73 b	29.27±1.00 b	9890.62±421 b
	-20%	20.17±0.76 b	5.00±0.30 a	16.67±1.15 a	39.33±1.53 b	29.70±1.23 b	10350.97±272 b
	-10%	20.17±0.76 b	5.67±0.15 a	14.67±1.15 a	41.33±2.08 b	30.73±0.42 b	10497.35±348 b
	CK	21.00±0.50 b	5.50±0.20 a	14.67±1.15 a	42.33±0.58 b	31.17±0.29 b	10717.85±849 b
	+10%	20.00±1.00 b	5.33±0.35 a	14.67±1.15 a	42.33±2.08 b	30.10±1.25 b	11053.08±845 b
	+20%	19.83±0.29 b	5.33±0.15 a	15.33±1.15 a	41.00±1.00 b	28.77±0.76 b	10216.39±393 b
	+30%	19.83±0.76 b	5.50±0.17 a	14.67±1.15 a	39.67±1.53 b	30.30±1.20 b	10083.18±505 b

注:不同小写字母表示各处理间差异显著(P<0.05)。

### 2.2 秸秆还田模式和不同氮肥处理对玉米经济效益的影响

如表 2 所示,除不施氮肥处理外,施氮量相同情况下,秸秆还田模式比秸秆移出玉米净收益增加 42.32~1 463.22 元·hm<sup>-2</sup>。所有处理中,秸秆还田模式+10%处理玉米净收益最高,与秸秆还田

CK 相比,增加 486.41 元·hm<sup>-2</sup>。秸秆还田 CK 与秸秆移出 CK 相比,净收益增加 42.32 元·hm<sup>-2</sup>。这表明,秸秆还田与秸秆移出相比能够获得较高的经济效益。秸秆还田模式下,适当增加氮肥的施用量可以提高玉米净收益。

表 2 秸秆还田模式和不同氮肥处理对玉米经济效益的影响

秸秆还田模式	氮肥处理	氮肥投入成本/ (元·hm <sup>-2</sup> )	追肥劳动投入/ (元·hm <sup>-2</sup> )	产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	产值/ (元·hm <sup>-2</sup> )	净收益/ (元·hm <sup>-2</sup> )
秸秆移出(N)	0	-	-	6044.08	10879.34	5029.34
	-30%	540	300	9749.49	17549.08	10859.08
	-20%	666	300	10239.18	18430.52	11614.52
	-10%	783	300	10398.43	18717.17	11784.17
	CK	900	300	10694.34	19249.81	12199.81
	+10%	1017	300	10240.18	18432.32	11265.32
	+20%	1134	300	10111.50	18200.70	10916.70
	+30%	1252.8	300	9899.60	17819.28	10416.48
秸秆还田(S)	0	-	-	5107.08	9192.74	3342.74
	-30%	540	300	9890.62	17803.12	11113.12
	-20%	666	300	10350.97	18631.75	11815.75
	-10%	783	300	10497.35	18895.23	11962.23
	CK	900	300	10717.85	19292.13	12242.13
	+10%	1017	300	11053.08	19895.54	12728.54
	+20%	1134	300	10216.39	18389.50	11105.50
	+30%	1252.8	300	10083.18	18149.72	10746.92

注:产值按玉米市场价 1.8 元·kg<sup>-1</sup> 计算,表中各处理间除氮肥投入、追肥劳动投入不同外,其他田间管理费用一致,除去氮肥投入、追肥劳动投入成本外,其他成本按照 5 850 元·hm<sup>-2</sup> 计算。

3 讨论

秸秆还田是合理利用资源和促进农业可持续发展的一种有效耕作方式,秸秆还田配施氮肥能够提高土壤有机质含量、改善土壤结构、提高土壤养分含量和微生物活性、改善土壤生态环境,进而使作物增产增效<sup>[17]</sup>。张愉飞等<sup>[18]</sup>的研究结果表明,秸秆还田配施氮肥的玉米产量均高于无秸秆还田处理。本研究得出相似结论,除不施氮肥处理外,其余施氮措施秸秆还田模式下玉米产量均高于秸秆移出,这主要是因为秸秆还田可以降低土壤容重、提高土壤含水量、抑制土壤水分蒸发,起到保水保墒的作用;秸秆还田的同时配施氮肥,可以保持合适的碳氮比,不仅可以充实土壤氮库,提高土壤肥力,还可以改善土壤结构,提高微生物数量和土壤酶活性<sup>[19]</sup>,培肥地力,促进根系养分吸收,从而提高产量。但秸秆还田模式下玉米产量与秸秆移出模式之间差异不显著,本试验是第一年的秸秆还田处理,长期秸秆还田对玉米增产的效应可能还尚未完全体现,还需后续多年定位试验结果进行验证。不施氮肥处理,秸秆移出模式下玉米产量高于秸秆还田。这可能是由于不施氮处理秸秆腐解过程中微生物的繁殖会与作物争夺土壤中的氮<sup>[20]</sup>,破坏土壤的碳氮平衡,导致产量降低,而配施氮肥可以平衡土壤氮素,使作物高产<sup>[21]</sup>。

李玮等<sup>[22]</sup>研究表明,玉米产量及其构成指标

受秸秆还田和施氮量两个因素影响,其中氮肥起主要作用。氮素是限制植物生长的一个重要因素,秸秆还田配施适宜氮肥可以为植物提供生长所需的养分,提高肥料利用率,对农业生产尤为重要。本研究中,秸秆移出模式下,常规氮肥(CK)处理玉米产量最高;秸秆还田模式下,+10%处理(常规氮肥加 10%)玉米产量最高,两种模式下氮肥施用量继续增加玉米产量不增反降,这与宋金鑫等<sup>[23]</sup>的观点相似,可能是因为氮素利用存在阈值,适宜的氮肥可以提高作物产量<sup>[24]</sup>,过量施肥不仅会影响产量,还会导致养分流失,造成环境污染<sup>[25-26]</sup>。

4 结论

秸秆还田配施氮肥可以提高玉米产量,对增产具有促进作用,综合来看,秸秆还田配施常规氮肥加 10%(施氮量为 247.5 kg·hm<sup>-2</sup>)条件下玉米能获得较高的产量与经济效益。农户在玉米生产中可以采用秸秆还田适当增加氮肥的方式提高产量,进而增加净收益。在农业生产中,应持续推进秸秆还田,提升秸秆高效利用水平。

参考文献:

[1] 左旭,王红彦,王亚静,等.中国玉米秸秆资源量估算及其自然适宜性评价[J].中国农业资源与区划,2015,36(6):5-10.  
[2] 宋大利,侯胜鹏,王秀斌,等.中国秸秆养分资源数量及替代化肥潜力[J].植物营养与肥料学报,2018,24(1):1-21.  
[3] CHEN J,ZHENG M J,PANG D W,et al. Straw return and appropriate tillage method improve grain yield and nitrogen

- efficiency of winter wheat [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2017, 16(8): 1708-1719.
- [4] 董建新. 耕作方式和秸秆颗粒化还田对植烟土壤质量提升机制研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2020.
- [5] 石祖梁, 王飞, 王久臣, 等. 我国农作物秸秆资源利用特征、技术模式及发展建议[J]. 中国农业科技导报, 2019, 21(5): 8-16.
- [6] 唐汉, 王金武, 徐常塑, 等. 化肥减施增效关键技术研究进展分析[J]. 农业机械学报, 2019, 50(4): 1-19.
- [7] 武喜红, 刘婷, 程永政, 等. 多源卫星遥感秸秆焚烧过火面积动态监测[J]. 农业工程学报, 2017, 33(8): 153-159.
- [8] 安丰华, 王志春, 杨帆, 等. 秸秆还田研究进展[J]. 土壤与作物, 2015, 4(2): 57-63.
- [9] 崔新卫, 张杨珠, 吴金水, 等. 秸秆还田对土壤质量与作物生长的影响研究进展[J]. 土壤通报, 2014, 45(6): 1527-1532.
- [10] 薄国栋, 张继光, 申国明, 等. 秸秆还田对植烟土壤有机质及团聚体特征的影响[J]. 中国烟草科学, 2014, 35(3): 12-16.
- [11] 李亚鑫, 张娟霞, 刘伟刚, 等. 玉米秸秆还田配施氮肥对冬小麦产量和土壤硝态氮的影响[J]. 西北农林科技大学学报, 2018, 46(7): 38-44.
- [12] 李有兵, 李锦, 李硕, 等. 秸秆还田下减量施氮对作物产量及养分吸收利用的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(1): 79-84.
- [13] JIN S Q, ZHOU F. Zero growth of chemical fertilizer and pesticide use: China's objectives, progress and challenges [J]. Journal of Resources and Ecology, 2018, 9(1): 50-58.
- [14] 席吉龙, 李永山, 王珂, 等. 氮肥对麦-玉轮作体系产量和氮肥效率的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2019(1): 10-15.
- [15] 赵荣芳, 陈新平, 张福锁. 华北地区冬小麦-夏玉米轮作体系的氮素循环与平衡[J]. 土壤学报, 2009, 46(4): 684-697.
- [16] 杨宪龙, 路永莉, 同延安, 等. 长期施氮和秸秆还田对小麦-玉米轮作体系土壤氮素平衡的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(1): 65-73.
- [17] 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.
- [18] 张愉飞, 隋跃宇, 陈一民, 等. 秸秆还田条件下不同施氮水平对玉米产量及氮肥利用率的影响[J]. 土壤与作物, 2021, 10(4): 395-403.
- [19] 张海晶, 王少杰, 罗莎莎, 等. 不同秸秆还田方式对土壤微生物影响的研究进展[J]. 土壤与作物, 2020, 9(2): 150-158.
- [20] 李涛, 何春娥, 葛晓颖, 等. 秸秆还田施氮调节碳氮比对土壤无机氮、酶活性及作物产量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2016, 24(12): 1633-1642.
- [21] 张娟琴, 郑宪清, 张翰林, 等. 长期秸秆还田与氮肥调控对稻田土壤质量及产量的影响[J]. 华北农学报, 2019, 34(1): 181-187.
- [22] 李玮, 乔玉强, 陈欢, 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[J]. 生态学报, 2014, 34(17): 5052-5061.
- [23] 宋金鑫, 谷岩, 于寒, 等. 覆膜和氮肥施用量对滴灌玉米生长发育及产量的影响[J]. 分子植物育种, 2019, 17(21): 7251-7255.
- [24] 刘朋召, 王旭敏, 宁芳, 等. 减量施氮对渭北旱地春玉米产量、氮素利用及土壤硝态氮含量的影响[J]. 应用生态学报, 2020, 31(8): 2621-2629.
- [25] CHEN X P, GUI Z L, FAN M S, et al. Producing more grain with lower environmental costs[J]. Nature, 2014, 514(7523): 486-489.
- [26] ZHANG F S, CHEN X P, VITOUSEK P, et al. An experiment for the world[J]. Nature, 2013, 497(7447): 33-35.

## Effects of Straw Returning and Nitrogen Fertilizer on Maize Yield and Economic Benefit in Semiarid Region of Heilongjiang Province

XU Yan, WANG Yuxian, ZHAO Lei, YU Hailin, WANG Bingxue, LIU Yue, LAN Ying

(Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China)

**Abstract:** In order to promote high and stable crop yield, two modes of straw returning (S) and non-returning that with straw removing (N) were set, there were 8 treatments of nitrogen fertilizer, 0 (no nitrogen fertilizer), CK (conventional nitrogen fertilizer, 75 kg · ha<sup>-1</sup> nitrogen fertilizer, 120 kg · ha<sup>-1</sup> phosphorus fertilizer and 55 kg · ha<sup>-1</sup> potassium fertilizer were applied as the base fertilizer at sowing time, 150 kg · ha<sup>-1</sup> nitrogen fertilizer was applied as the top fertilizer at jointing stage of spring maize), +10%, +20%, +30% (conventional nitrogen fertilizer added 10%, 20%, 30% respectively), -10%, -20%, -30% (conventional nitrogen fertilizer reduced 10%, 20%, 30% respectively), explore the effects of different nitrogen fertilizer treatments on maize yield and economic benefits under straw returning. The results showed that without nitrogen fertilizer treatment, the maize yield of straw removal mode was higher than that of straw returning mode, increased by 18.35%. Under nitrogen fertilizer treatment, the maize yield of straw removal mode was higher than that of straw removal mode, increased by 0.22%-7.94%. Under the straw returning mode, the benefit of +10% nitrogen fertilizer treatment was higher than other treatments, increasing at least 486.41 yuan · ha<sup>-1</sup>. In the production, farmers can use straw returning and increase nitrogen fertilizer to improve the maize yield, so as to obtain better economic benefits.

**Keywords:** maize; straw returning; nitrogen fertilizer; yield; economic benefits