

# 秸秆还田与施氮量对小麦、玉米产量与品质的影响

江晓东<sup>1,2</sup>, 迟淑筠<sup>3</sup>, 宁堂原<sup>2</sup>, 李增嘉<sup>2\*</sup>

(1. 南京信息工程大学 应用气象学院 江苏省农业气象重点实验室, 江苏 南京 210044;

2. 山东农业大学 农学院 作物生物学国家重点实验室, 山东 泰安 271018;

3. 山东农业大学 机械与电子工程学院, 山东 泰安 271018)

**摘要:** 为了研究高产条件下秸秆还田与不同施氮量对冬小麦/夏玉米一年两熟灌溉农田作物产量、品质的影响, 在山东龙口进行了田间试验。结果表明, 高产条件下, 短期(2a)秸秆还田对小麦、玉米增产效果不显著, 但可以提高小麦籽粒蛋白质含量、延长面团稳定时间, 改善加工品质。麦季施氮 240 kg/hm<sup>2</sup>(N<sub>2</sub>)和减氮处理 168 kg/hm<sup>2</sup>(N<sub>1</sub>)、玉米季施氮皆为 112.5 kg/hm<sup>2</sup>条件下, N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub> 处理间小麦产量 2a 均无显著差异, 麦季氮肥后效对玉米季产量亦无显著影响。试验第 1 年, N<sub>1</sub>、N<sub>2</sub> 处理对小麦和玉米籽粒品质无显著影响, 试验第 2 年, 小麦籽粒湿面筋含量及淀粉含量, N<sub>1</sub> 处理显著高于 N<sub>2</sub> 处理, N<sub>2</sub> 处理玉米籽粒的淀粉含量显著高于 N<sub>1</sub>, 同时也改变了玉米籽粒直链淀粉与支链淀粉比值。综合比较认为, 在秸秆还田条件下, 氮肥用量以麦季 168 kg/hm<sup>2</sup>、玉米季 112.5 kg/hm<sup>2</sup> 较适宜。

**关键词:** 秸秆还田; 施氮量; 小麦; 玉米; 产量; 品质

**中图分类号:** S512.1 S513 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2010)12-0044-04

## Effects of Straw Returning and Nitrogen Applied Amount on Yield and Quality of Wheat and Maize

JIANG Xiao-dong<sup>1,2</sup>, CHI Shu-yun<sup>3</sup>, NING Tang-yuan<sup>2</sup>, LI Zeng-jia<sup>2\*</sup>

(1. Key Laboratory of Agrometeorology of Jiangsu Province, College of Applied Meteorology of Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China; 2. State Key Laboratory of Crop Biology,

College of Agronomy of Shandong Agricultural University, Taian 271018, China;

3. College of Mechanical & Electronic Engineering of Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

**Abstract:** In order to research the effects of straw returning and nitrogen applied amount on yield and quality of wheat and maize, field trial was conducted in Longkou city, Shandong province, China. The results showed that short-term (2 years) straw returning had no significant effect on crop yield, but it could increase wheat protein content and dough stability time and improve processing quality, in high-yield farmland. Nitrogen applied amount of 240 kg/ha (N<sub>2</sub>) and 168 kg/ha (N<sub>1</sub>) had in wheat season and 112.5 kg/ha in maize season no notable effect on wheat yield and maize yield. Meanwhile, N<sub>1</sub> and N<sub>2</sub> had no significant impact on kernel quality in the first year. In the second year, wheat kernel wet gluten content and starch content under N<sub>1</sub> treatment were significantly higher than those of N<sub>2</sub> treatment, but maize kernel starch content under N<sub>2</sub> treat-

收稿日期: 2010-05-17

基金项目: 江苏省高校自然科学基金(09KJB210004); 国家科技支撑计划(2006BAD15B07); 农业部公益性行业科研专项(200803028)

作者简介: 江晓东(1976-), 男, 山东威海人, 讲师, 博士, 主要从事农业生态与农业气象研究。E-mail: jiangxd@126.com

\* 通讯作者: 李增嘉(1954-), 男, 山东烟台人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事农业生态与农业可持续发展研究。

E-mail: lizj@sdau.edu.cn

ment was noticeably higher than that of N1 treatment. N2 treatment also changed the ratio of amy-  
ylase content to amylopectin of maize. So in this experiment, the result showed that under straw  
returning conditions, nitrogen applied amount of 168 kg/ha and 112.5 kg/ha in maize season was  
more suitable.

**Key words:** Straw returning; Nitrogen applied amount; Wheat; Maize; Yield; Quality

我国是世界上氮肥用量最多的国家,年施用量  
占全世界总用量的 30%左右,2005 年每公顷作物的  
平均氮肥施用量 171.5 kg<sup>[1]</sup>,然而我国农业生产中  
主要粮食作物的氮肥利用率只有 28%~41%,平均  
仅 35%<sup>[2]</sup>。土壤中的氮肥大约有 30%~50%经土  
壤淋溶进入地下水,导致地下水中硝酸盐含量上升,  
严重污染了地表水和地下水<sup>[3,4]</sup>。

农作物秸秆是农业生产的副产品,我国每年各  
类秸秆生产量在 6.5 亿 t 以上,其中秸秆直接还田  
约 2.1 亿 t(占 30%),畜牧业转化利用约 1.2 亿 t,  
工业原料约 1 亿 t,每年剩余量达近 2 亿 t。农作物  
秸秆含有丰富的氮磷钾和微量元素成分,秸秆还田  
后,土壤中氮、磷、钾养分都有所增加,尤其是速效钾  
的增加最明显<sup>[5,6]</sup>。作物秸秆富含纤维素、木质素  
等富碳物质,它是形成土壤有机质的主要来源,故秸  
秆还田有利于更新和增加土壤有机质,改善有机质  
组成,增强土壤供肥后劲<sup>7-10</sup>。为此,以一年两熟小  
麦/玉米田为研究对象,研究高产条件下秸秆还田与  
施氮量对小麦、玉米产量品质的影响,旨在为农业高  
产优质高效生产提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验区基本概况

试验在山东龙口市市中村镇中村村进行。试验地  
属温带季风气候区,年降水量约 600mm,主要集中在  
6—9 月份,约占全年降水总量的 70%;年平均气  
温 12.2℃,全年日照总时数 2794.2h,无霜期 190d。  
供试土壤为棕壤,种植制度为冬小麦/夏玉米。供试  
小麦品种为烟农 15,基本苗 180 万株/hm<sup>2</sup>,每年 10  
月 3—5 日播种;玉米品种为郑单 958,密度 6.75 万  
株/hm<sup>2</sup>,麦收前 15~20d 套播。试验地基础肥力  
见表 1。

表 1 试验地基础肥力

土壤层次/ cm	碱解氮/ (mg/kg)	速效磷/ (mg/kg)	速效钾/ (mg/kg)	有机质/ %	pH 值
0~20	88.73	43.27	88.33	1.712	6.99
20~40	48.10	14.44	41.67	1.281	7.84

1.2 试验设计

试验进行 2 个年度,即 2002 年 10 月—2003 年

9 月(年度 I)和 2003 年 10 月—2004 年 10 月(年度  
II)。试验采用裂区设计,2 个因素(秸秆还田、氮  
肥),主区为秸秆处理:W(无秸秆还田)、C(秸秆还  
田);副区为 3 个氮肥处理,用量见表 2。

表 2 试验各处理氮肥用量 kg/hm<sup>2</sup>

作物	N0	N1	N2
小麦	0	168	240
玉米	0	112.5	112.5

注: N2 处理为当地推荐施氮量

小麦施用氮肥为尿素,磷肥为过磷酸钙(折合  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 为 105 kg/hm<sup>2</sup>),钾肥为氯化钾(折合 K<sub>2</sub>O 为  
135kg/hm<sup>2</sup>),磷、钾肥全部作为底肥一次性施入,氮  
肥底施 1/2,拔节期追施 1/2;玉米供试肥料为氮磷  
钾三元复合肥(15-10-20),用量 750 kg/hm<sup>2</sup>,小口期  
施用。试验小区面积 135m<sup>2</sup>(4.5m×30m),3 次重  
复。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 产量测定 于小麦、玉米成熟期取代表性地  
块小麦 3m<sup>2</sup>、玉米 6m<sup>2</sup> 人工收获、脱粒测产,重  
复 3 次。

1.3.2 品质测定 面粉用德国 Brabender 公司产  
880101 型小型实验磨(孔径 0.154mm)制备。籽粒  
蛋白质含量采用浓硫酸消煮-半微量凯氏定氮法测  
定。籽粒淀粉含量及其组分含量采用双波长比色法  
测定<sup>[11]</sup>。湿面筋含量用瑞典 Perten 公司产 2200 型  
洗涤仪洗涤,参照 GB131506-85 进行测定。沉降值  
用中国农业大学产 BA U-A 型摇床按照 AACC56-  
61 标准测定。湿面筋与面筋指数用瑞典 Perten 公  
司产 Glutomatic System2200 型面筋仪按照  
AACC38-32 标准测定。面团流变学指标用德国  
Brabender 公司产的 810106002 粉质仪按照  
AACC54-21 标准测定。

1.4 数据处理与分析

数据、图表用 Excel2000 处理,统计分析在  
DPS7.05 数据处理系统下进行。

2 结果与分析

2.1 秸秆还田与施氮量对小麦、玉米产量的影响  
2a 的试验结果表明(表 3),秸秆还田与无秸秆

还田处理小麦产量差异不显著, 这说明秸秆还田效果对小麦生长发育的影响是一个缓慢的过程。年度 II 产量 N1 和 N2 处理无显著差异, 分别比 N0 处理提高 6.45% 和 7.87% ( $P<0.05$ ), 这说明适量减施氮肥对小麦产量无显著影响。

不同处理间玉米产量变化与小麦产量变化规律基本相同, 2 个年度中, 秸秆还田处理和无秸秆还田处理对玉米产量无显著影响; 年度 II 产量 N1、N2 处理之间差异不显著, 但均显著高于 N0 处理, 分别比 N0 处理高 27.74% 和 31.73%。

表 3 不同处理对小麦、玉米产量的影响 kg/hm <sup>2</sup>				
年度	处理	产量		
		小麦	玉米	全年
I	主区	C	8010.94a	10172.75a
		W	7994.13a	9942.25a
	副区	N2	8136.60a	10175.20a
		N1	7868.46a	9939.80a
II	主区	C	7684.39a	7631.08a
		W	7528.42a	7851.46a
	副区	N2	7831.19a	8510.20a
		N1	7728.07ab	8253.04a
		N0	7259.95b	6460.57b

注: 同列同年度之间小写字母不同表示差异达到 5% 显著水平, 下同

秸秆还田处理全年小麦、玉米产量高于无秸秆还田处理, 但差异不显著, 这表明秸秆还田对作物产量形成的影响是一个长期的过程。副区 N1 处理和 N2 处理之间也无显著差异, 但 N1、N2 处理分别较 N0 处理增产 19.10% 和 17.21%, 说明在高产条件下, 麦季适量的减施氮肥对全年小麦、玉米产量无显著影响。

2.2 秸秆还田与施氮量对小麦、玉米品质的影响

2.2.1 对小麦品质的影响 面筋的含量和品质与小麦面粉的加工品质和营养品质关系极为密切, 特别是面筋的品质与面包体积呈显著正相关; 沉淀值不仅与面筋的数量和质量关系密切, 而且与籽粒蛋白质含量呈极显著正相关<sup>[12]</sup>。从表 4 可以看出, 随试验时间的延长, 秸秆还田逐渐对小麦品质产生影响。试验第 1 年, 秸秆还田与无秸秆还田处理小麦籽粒蛋白质含量、沉淀值和湿面筋含量均无显著差异; 试验第 2 年, 秸秆还田处理小麦籽粒蛋白质含量显著高于无秸秆还田处理, 两处理沉淀值和湿面筋含量无显著差异, 这说明秸秆还田处理有利于改善冬小麦籽粒的蛋白质含量, 但这是一个逐步改变的过程。在氮肥处理中, N0 处理的籽粒蛋白质含量、沉降值和湿面筋含量皆显著低于 N1、N2 处理。

N1、N2 处理 2 个试验年度蛋白质含量、沉淀值皆无显著差异, 湿面筋含量, 第 2 年度 N1 处理显著高于 N2 处理, 这说明适量减施氮肥可提高小麦籽粒品质。

表 4 不同处理对小麦籽粒蛋白质含量、湿面筋含量和沉降值的影响					
年度	处理	蛋白质含量/%	沉降值/mL	湿面筋含量/%	
I	主区	C	15.44a	37.88a	28.58a
		W	15.31a	38.75a	29.02a
	副区	N2	15.55a	38.94a	28.53a
		N1	15.21a	37.69a	29.06a
II	主区	C	14.33a	38.53a	35.43a
		W	13.68b	38.01a	35.77a
	副区	N2	14.76a	40.85a	36.05b
		N1	14.84a	41.63a	37.31a
		N0	12.41b	32.33b	33.45c

小麦面粉质量中的吸水率与面粉蛋白质的量和质呈显著正相关, 面团形成时间与面筋质量有关, 而稳定时间则反映的是面团的耐搅拌性, 稳定时间短, 说明面团形成后不耐搅拌, 面筋网络易被破坏<sup>[13]</sup>。秸秆还田和施氮量对粉质仪指标影响最大的参数是面团稳定时间(表 5), 秸秆还田处理可以显著提高面团的稳定时间, 说明秸秆还田后小麦面粉面团的加工品质得到改善。氮肥处理在试验第 2 年对面团稳定时间产生显著影响, N1 处理显著高于 N2 处理, 这也说明适量减施氮肥有利于高产田小麦品质的提高。

表 5 不同处理对小麦面粉粉质的影响				
年度	处理	吸水率/%	形成时间/min	稳定时间/min
I	主区	C	52.15a	4.65a
		W	52.45a	4.05a
	副区	N2	52.00a	4.30a
		N1	52.60a	4.40a
II	主区	C	57.23a	5.60a
		W	57.40a	5.13a
	副区	N2	58.00a	5.65a
		N1	57.55a	5.10a
		N0	56.40b	5.35a

2.2.2 对玉米籽粒淀粉含量及其组成的影响 麦季秸秆还田处理与无还田处理对玉米籽粒淀粉含量影响较小, 但麦季不同施氮量处理对后季玉米籽粒淀粉含量有一定影响, 试验第 1 年麦季不同施氮量处理玉米籽粒直链淀粉和支链淀粉含量有显著差异, 但对总淀粉含量影响无显著差异; 试验第 2 年, N1 处理直链淀粉含量和总淀粉含量显著低于 N2

处理,说明麦季的高氮肥用量有利于提高下季玉米籽粒淀粉含量。

直链淀粉/支链淀粉会影响淀粉的膨胀势和糊化特性,从而影响食品的蒸煮品质。2a 试验结果表明,不同施氮量对直链淀粉/支链淀粉的影响不同,也说明麦季不同施氮量影响了玉米籽粒淀粉的品质。

表 6 不同处理对玉米籽粒淀粉及其组分含量的影响						
年度	处理	直链淀粉/ %	支链淀粉/ %	总淀粉/ %	直链淀粉/ 支链淀粉	
I	主区	C	20.47a	56.71a	77.18a	0.36a
		W	20.14a	57.29a	77.42a	0.35b
	副区	N2	20.68a	56.74b	77.42a	0.36a
		N1	19.93b	57.25a	76.18a	0.35b
II	主区	C	16.85b	60.67a	77.52a	0.28a
		W	17.43a	61.78a	79.20a	0.28a
	副区	N2	19.12a	60.47a	79.69a	0.32a
		N1	15.36c	61.73a	77.50b	0.26c
		N0	16.07b	61.48a	77.89ab	0.27b

3 讨论

大量研究指出<sup>[12-14]</sup>,秸秆还田能改善土壤肥力,提高作物产量。本试验结果表明,短期(2a)秸秆还田对小麦、玉米增产效果不显著,这说明在高产条件下土壤肥力已经不是作物产量提高的限制因子。

王兆荣等<sup>[15]</sup>、王淑平等<sup>[16]</sup> 研究表明,秸秆还田可以改善作物品质。本试验结果表明,秸秆还田对作物品质的改善是一个缓慢的过程。试验第1年,秸秆还田处理对小麦籽粒品质无显著影响;试验第2年,秸秆还田处理小麦籽粒蛋白质含量显著高于无秸秆还田处理,其面团稳定时间也高于无秸秆还田处理,小麦加工品质得到改善。秸秆还田对玉米籽粒品质亦有影响,改变了玉米籽粒淀粉直链淀粉与支链淀粉比值,影响淀粉的品质。

对于秸秆还田下的氮肥用量,当地推荐施氮量麦季 240kg/hm<sup>2</sup>(N2)和减氮处理 168 kg/hm<sup>2</sup>(N1)对小麦产量无显著影响,其后效对玉米产量也无显著影响。2个水平下氮肥对小麦、玉米品质的影响表现为:试验第2年,N2处理小麦籽粒湿面筋含量显著低于N1处理,N1处理淀粉含量显著高于N2处理,说明适量减施氮肥可显著改善小麦籽粒品质。试验第2年度,N2处理玉米籽粒的淀粉含量显著高

于N1处理,说明随试验时间的延长,麦季的氮肥后效开始对玉米产生影响。

综合评价认为,在本试验秸秆还田且玉米季施氮 112.5 kg/hm<sup>2</sup>条件下,麦季施氮肥 168 kg/hm<sup>2</sup>较适宜,麦田减氮是可行的。

参考文献:

[1] 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴[ M ]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 159-161.

[2] 朱兆良, 文启孝. 中国土壤氮素[ M ]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1990: 267-276.

[3] 马毅杰, 马立珊. 化肥与生态环境现代农业中的植物营养与肥料[ M ]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995.

[4] 沈德中. 农业环境保护与环境科学研究[ M ] // 国家科学技术委员. 中国农业科技政策背景资料. 北京: 中国农业出版社, 1997: 237-242.

[5] 沈佳音, 张司民. 秸秆深施与面施对养分释放的影响及其增产效果[ J ]. 土壤肥料, 1999(3): 42-43.

[6] 刘荣乐, 金继运. 我国北方土壤—作物系统内钾素循环特征及秸秆还田与施钾肥的影响[ J ]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(2): 123-132.

[7] 袁家富. 麦田秸秆覆盖效应及增产作用[ J ]. 生态农业研究, 1996, 4(3): 61-65.

[8] 刘鹏程, 丘华晶. 秸秆覆盖还田与土壤有机无机复合[ J ]. 土壤通报, 1993, 24(6): 276-277.

[9] 王兆荣, 徐文平. 黑土培肥效果的定位研究: I. 土壤有机质及有机无机复合胶体的变化[ J ]. 东北农学院学报, 1992, 23(3): 215-219.

[10] 武志杰, 张海军. 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.

[11] 何照范. 粮油籽粒品质及其分析技术[ M ]. 北京: 中国农业科学出版社, 1985.

[12] 程励励, 文启孝, 李洪. 稻草还田对土壤氮积累及水稻产量的影响[ J ]. 土壤, 1992, 24(5): 234-238.

[13] 冯利平, 段桂荣. 不同覆盖处理对旱作玉米生育与产量效应的研究[ J ]. 干旱地区农业研究, 1995, 13(1): 50-54.

[14] 张志国, 徐琪. 长期秸秆覆盖免耕对土壤某些理化性质及玉米产量的影响[ J ]. 土壤学报, 1998, 35(3): 384-390.

[15] 王兆荣, 吴秀清. 黑土培肥效果的定位研究: III. 不同培肥途径对作物产量和品质的影响[ J ]. 东北农业大学学报, 1994, 25(3): 209-213.

[16] 王淑平, 江源. 秸秆还田对玉米高产、稳产、优质效的研究[ J ]. 吉林农业大学学报, 1997, 19(4): 56-59.