

秸秆还田和氮肥施用对夏玉米氮肥利用率的影响^①

霍 竹^{1,2} 付晋锋³ 王 璞³

(1 中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101, 2 中国科学院研究生院 北京 100039;

3 中国农业大学 北京 100094)

摘 要 本文研究了秸秆还田和 N 肥施用对夏玉米 N 肥利用率的影响。结果表明, 秸秆还田和 N 肥施用都有助于夏玉米 N 肥利用率的提高, 尤其是优化施 N 大大提高了夏玉米的 N 素利用率, 并且提出了在京郊地区适宜推广的一种可行的培肥地力、增加产量的模式。

关键词 秸秆还田; 氮肥用量; 夏玉米; 氮肥利用率

中图分类号 S513; O62

关于秸秆还田和 N 肥配施对土壤的培肥与增产效果已有不少报道^[1~5]。由于秸秆中的 C/N 高, 微生物在分解作物秸秆时, 需要吸收一定量的 N 素营养, 造成与作物争 N, 影响苗期生长, 所以在秸秆还田时一定要补充一定量的速效 N 肥, 以保证土壤全期的肥力^[6,7]。有研究表明, 秸秆还田配施化学肥料可以提高土壤有机质含量, 增加速效 N、P、K 的生物有效性, 提高 N 素利用率^[8]。秸秆不同还田量并配施化学肥料比单施化肥或单施秸秆对小麦均表现增产, 尤其以每公顷 3000 kg 秸秆加碳铵作基肥的组合为最优^[9]。也有报道认为, 小麦覆盖秸秆并配施 N 肥有利于小麦对养分的吸收, 尤其是对 N 素和 K 素的吸收^[10]。在河北曲周县的试验结果也说明了秸秆还田并配施 N、P 肥的效应, 长期秸秆还田并配施 N、P 肥不仅减少了焚烧秸秆对环境的污染, 而且对培肥土壤和提高作物产量有积极作用。秸秆还田配施 N 肥有利于土壤中各种养分的平衡和养分供应状况的改善, 能够促进土壤对速效 P 的吸收^[11]。

1 试验区简介

本试验于 2001 年夏天在北京市海淀区东北旺农场(东经 116°, 北纬 39.56°)进行。试验地 0~30 cm 土层为壤土, 30~60 cm 为粉壤土, 有机质为 20.5 g/kg, 全 N、全 P 和全 K 分别为 1.14、1.06 和 18.09 g/kg; 速效 P、K 分别为 53.67、162 mg/kg; 0~30 cm 和 30~60 cm 土壤的 $N_{\min}$ (NH_4^+-N 和 NO_3^--N 之和) 分别为 35 kg/hm² 和 32 kg/hm²。2001 年夏玉米生长季的降水量极少, 只有 216.5 mm, 对夏玉米生长来说属于极度干旱年份。

2 材料与方法

本试验所用的夏玉米为北京市农场局培育的京垦 114, 是中早熟夏玉米品种。

本试验采用二因素随机区组设计。设 6 个处理, 3 次重复, 共有 18 个小区, 小区面积为 20 m × 15 m = 300 m²。夏玉米于 6 月 21~23 日机播, 10 月 2~4 日收获。行距为 60 cm, 最后留苗 60000 株/hm²。在夏玉米生长期, 采取喷施除草剂和人工除草相结合的方法控制杂草。

2.1 因素 1: 秸秆

2.1.1 秸秆不还田 上茬小麦秸秆不还入夏玉米田。

2.1.2 秸秆还田 上茬小麦秸秆全部还入夏玉米田。

2.2 因素 2: N 肥

2.2.1 不施 N 肥 试验期间夏玉米整个生长期都不施 N 肥(包括基肥、种肥及追肥)。

2.2.2 传统施 N 在对农户施肥调查的基础上设立。传统施 N 处理按农民习惯进行, 施入量为纯 N 肥 300 kg/hm²。夏玉米第 1 次施 N 于 2001 年 7 月 17~19 日进行, 以碳酸氢铵形式开沟施入 N 肥 100 kg/hm², 另外 200 kg/hm² 的 N 在玉米大喇叭口期(8 月 10~11 日)撒施追入, N 肥形式为尿素。

2.2.3 优化施 N 结合夏玉米的目标产量, 并且根据其不同生育阶段(播种至 3 叶展期, 3 叶展期至 10 叶展期, 10 叶展期至收获)的 N 素要求和土壤无机 N 测试结果, 来确定不同时期的 N 肥用量。

夏玉米目标产量为 6000 kg/hm², 预备试验表明

①国家“十五”科技攻关项目(编号: 2001BA508B02-06)、国家杰出青年基金项目(编号: 40025106)资助。

达到该目标产量的地上部分吸 N 量为 180 kg/hm^2 ，分为播种至 3 叶展期、3 叶展期至 10 叶展期、10 叶展期至收获 3 个阶段调控 N 肥用量：①播种至 3 叶展期，作物地上部分吸 N 量为 20 kg/hm^2 ，考虑根系吸收 5 kg/hm^2 和土壤缓冲 5 kg/hm^2 ，此阶段供应 N 素（土壤无机 N+肥料 N）应该为 30 kg/hm^2 ，由于该阶段玉米根系主要分布于 $0 \sim 30 \text{ cm}$ 土层，因此土壤供应 N 素只考虑 $0 \sim 30 \text{ cm}$ 土壤无机 N；②3 叶展期至 10 叶展期，玉米地上部分吸 N 量为 75 kg/hm^2 ，根系吸收 15 kg/hm^2 ，此阶段供 N 量应为 90 kg/hm^2 ，在这个阶段夏玉米根系主要分布在 $0 \sim 60 \text{ cm}$ ，因此土壤供 N 只需要考虑 $0 \sim 60 \text{ cm}$ 土壤无机 N；③10 叶展期至收获，地上部分 N 素吸收量为 100 kg/hm^2 ，根系吸收 20 kg/hm^2 ，此阶段供应 N 量应为 120 kg/hm^2 ，在这阶段根系吸收集集中在 $0 \sim 90 \text{ cm}$ ，因此土壤供应 N 量需考虑 $0 \sim 90 \text{ cm}$ 土壤无机 N。

在不同阶段 N 肥的施用量均根据土壤无机 N 测试结果来定，如土壤无机 N 高于所需供应量，优化处理不施 N，反之，用肥料 N 补足至供 N 量。优化施 N 处理基肥和追肥均采用尿素，撒施后立即进行短时喷灌（仅使肥料溶解）。

本试验所有处理采用 2 位数字表示，第一位数字表示秸秆处理，第二位数字表示 N 肥处理。具体处理代号及其处理内容见表 1。

表 1 试验处理代号及其代表的内容

Table 1 Codes and contents of the treatments in the experiment

处理代号	处理内容	处理代号	处理内容
11	秸秆不还田-不施 N	21	秸秆还田-不施 N
12	秸秆不还田-传统施 N	22	秸秆还田-传统施 N
13	秸秆不还田-优化施 N	23	秸秆还田-优化施 N

本试验在 7 月 17 日 ~ 19 日对处理 13 和 23 进行优化施 N，数量均为纯 N 60 kg/hm^2 。

3 结果与分析

3.1 N 肥利用效率的计算

N 肥农学效率=作物的经济产量/施 N 区的施 N 量

N 肥表观效率=(施 N 肥区作物吸 N 量-不施 N 肥区作物吸 N 量)/施 N 区的施 N 量 $\times 100\%$

N 利用效率=作物的经济产量/作物的吸 N 量

3.2 秸秆还田和 N 肥对夏玉米 N 肥利用率的影响

3.2.1 秸秆还田和 N 肥施用对夏玉米 N 肥农学效率的影响 从表 2 可知，秸秆还田对夏玉米 N 肥

的农学效率影响不是很大，其中处理 22 的 N 肥农学效率比 12 提高了 10.34%，处理 23 比 13 高 4.5%。优化施 N 对 N 肥的农学效率影响十分明显，与传统施 N 相比，优化施 N 大大提高了夏玉米的 N 肥农学效率。

表 2 不同处理对夏玉米 N 肥农学效率的影响

Table 2 N-fertilizer agronomic efficiency of summer maize in different treatments

处理代号	经济产量 (kg/hm^2)	施 N 肥量 (kg)	农学效率 ($\text{kg}/(\text{kg}\cdot\text{hm}^2)$)
11	4646.6	0	-
21	5485.7	0	-
12	6614.4	300	22.05 a A
22	7297.7	300	24.33 a A
13	7067.7	60	117.80 b B
23	7385.1	60	123.09 b B

3.2.2 秸秆还田和 N 肥施用对夏玉米 N 肥表观效率的影响 图 1 反映了不同处理对夏玉米 N 肥表观效率的影响，与传统施 N 相比，优化施 N 大大提高了夏玉米的 N 肥表观效率，处理 13、23 的 N 肥

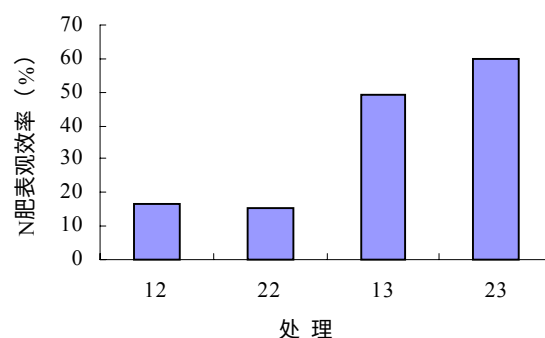


图 1 秸秆还田和 N 肥施用对夏玉米 N 肥表观效率的影响

Fig. 1 Effects of straw and N-fertilizer on N-input apparent efficiency of summer maize

表观效率高达 49.25%和 60%，与处理 12 和 22 呈极显著差异。在传统施 N 时，秸秆还田与否对夏玉米 N 肥表观效率影响不大；在优化施 N 时，秸秆还田提高了夏玉米的 N 肥表观效率，与处理 13 相比，处理 23 的 N 肥表观效率提高了 10.75%，这可能与秸秆还田+优化施 N 创造了夏玉米适宜生长的 C/N 有关。

3.2.3 秸秆还田和 N 肥施用对夏玉米 N 利用效率的影响 从图 2 我们可以看出，处理 23 的 N 利用效率最高，达到 $44.37 \text{ kg}/(\text{kg}\cdot\text{hm}^2)$ ，处理 12 最低只有 $36.78 \text{ kg}/(\text{kg}\cdot\text{hm}^2)$ 。优化施 N 的 N 利用效率高于

传统施 N, 具体地说, 处理 13 比处理 12 高 20.09 %, 处理 23 比处理 22 高 7.56 %。秸秆还田也有利于夏玉米 N 利用效率的提高, 在传统施 N 时作用更显著。

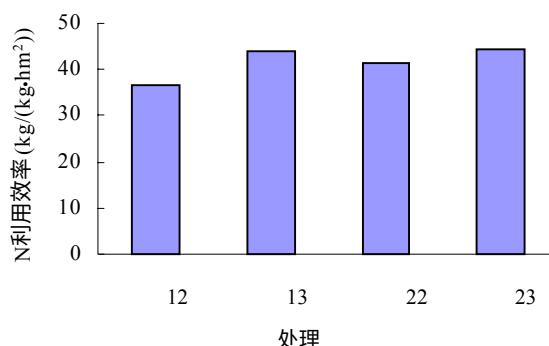


图 2 秸秆还田和 N 肥施用对夏玉米 N 利用效率的影响

Fig. 2 Effects of straw and N-fertilizer on N recovery rate of summer maize

4 讨论

本试验分析了秸秆还田和 N 肥施用对夏玉米 N 利用效率的影响。结果表明: 与秸秆不还田相比, 秸秆还田不同程度地增加了夏玉米的 N 肥农学效率、表观效率和 N 利用效率。优化施 N 显著提高了夏玉米的 N 素利用效率。由此我们也可以看出, “秸秆还田+优化施 N”是京郊一种比较经济有效而且可行的培肥地力、增加产量的好方法, 也是一种值得推广的模式。这有助于缓解该地区 N 素施用过多, 从而造成的作物品质下降以及环境恶化等一系列问题。

参考文献

- 1 陈礼陶, 严慧峻, 许建新. 有机肥改良盐碱土试验研究. 土壤通报, 1987, 18 (3): 97 ~ 99
- 2 谢承陶, 林治安, 李志杰. 禹城县农田物质循环平衡规律及提高土壤肥力的研究. 土壤肥力研究进展. 北京: 中国科学技术出版社, 1991: 148 ~ 154
- 3 刘杏兰, 高宗, 刘存寿, 司立征. 有机-无机配施的增产效应及对土壤肥力的影响的定位研究. 土壤学报, 1996, 33 (2): 138 ~ 147
- 4 Fan J, Hao MD, Shao MA. Nitrate accumulation in soil profile of dry land farming in Northwest China. Pedosphere, 2003, 13 (4): 367 ~ 374
- 5 马永良, 宇振荣, 江永红, 罗维, 田淑敏. 曲周试区玉米秸秆不同还田方式对土壤氮素影响的探讨. 土壤, 2003, 35 (1): 62 ~ 65
- 6 杜守宇, 田恩平, 温敏, 吴青山. 秸秆覆盖还田的综合效应与系列化技术研究. 宁夏农林科技, 1995, (2): 10 ~ 14
- 7 孙颖, 胡敏, 谢笔钧. 秸秆还田的效果与方法. 精细化工, 2000, 17 (7): 431 ~ 434
- 8 劳秀荣, 孙伟红, 王真, 郝艳如, 张昌爱. 秸秆还田与化肥配合施用对土壤肥力的影响. 土壤学报, 2003, 40 (4): 618 ~ 623
- 9 蒋云芳, 蒋新和, 周玲. 秸秆还田与氮肥配施技术探讨. 江苏农业科学, 1998, (4): 43 ~ 45
- 10 蒋新和, 蒋云芳, 周玲. 小麦秸秆还田与氮肥配施技术探讨. 作物杂志, 1998, (4): 11 ~ 12
- 11 曾希柏, 刘更令. 化肥施用和秸秆还田对红壤磷吸附性能的影响研究. 土壤与环境, 1999, 8 (1): 45 ~ 49

EFFECTS OF APPLICATION OF N-FERTILIZER AND CROP RESIDUES AS MANURE ON SUMMER MAIZE N RECOVERY RATE

HUO Zhu^{1,2} FU Jin-feng³ WANG Pu³

(1 Institute of Geographical Sciences and Nature Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101;

2 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039; 3 China Agricultural University, Beijing 100094)

Abstract In this paper, effects of application of N fertilizer and crop residues as manure on NRR (N recovery rate) of summer maize were studied. The results showed as follows: the application of both straw and N-fertilizer improved NRR of summer maize to a certain degree. Especially optimized N-fertilizer application raised the NRR of summer maize by 3.12~7.39 kg/hm². Analysis of crop yield, net economic income and environmental impact, “incorporation of crop residues into the soil plus optimized N-fertilization” is the best model in our experiment and is worth popularizing in the suburbs of Beijing.

Key words Straw, N-fertilizer application rate, Summer maize, Nitrogen recovery rate