

曲周试区玉米秸秆不同还田方式对土壤氮素影响的探讨^①

马永良 宇振荣 江永红 罗 维 田淑敏

(中国农业大学资源与环境学院 北京 100094)

摘 要 在中国农业大学曲周试验站的潮土上进行 2 种不同模式的玉米秸秆还田试验, 为期 1 年。结果发现玉米秸秆还田后前期由于能减少可溶性 N 的淋失, 后期又释放出 N, 从而提高了 N 的利用率。土壤 NO_3^- -N 含量随作物生长季节变化明显, 而 NH_4^+ -N 具有稳定性; 土壤微生物 N 变化同秸秆分解状况相一致。多数时间内整翻处理的微生物 N 高于粉碎处理。

关键词 玉米秸秆还田; NO_3^- -N; NH_4^+ -N

中图分类号 S157.4

国内外有关施用有机肥对土壤 N 素影响的报道颇多^[1~4]。玉米秸秆整翻还田是一种新的还田模式, 是中国农业大学曲周试验站在多年的试验基础上总结并提出来的, 有关这方面的研究不多, 本文从土壤 N 素的角度来比较整翻还田与粉碎还田这两种模式。从而在理论上证明整翻还田的可行性。

1 材料与分析

曲周试区位于河北省邯郸市东北部的曲周县境内, 面积达 7300 hm^2 , 代表着黄淮海平原黑龙港上游平原类型区。本试验在中国农业大学曲周试验站的潮土上进行, 从 1999 年 10 月开始, 为期 1 年。共设 4 个处理, 分别为整翻还田(玉米秸秆全量整株还田)、粉碎还田、(玉米秸秆全量长度为 1~2cm 后还田)、清茬(玉米秸秆不还田、但根茬还田)、整株无底肥(玉米秸秆全量整株还田, 但不施底肥。玉米秸秆进行全量还田, 每公顷鲜重为 22500kg, 干重为 6600kg。播种作用是冬小麦, 品种为邯郸 4564; 播种和收获日期分别为 1999 年 10 月 11 日和 2000 年 6 月 12 日。

共施肥 2 次, 1999 年 10 月 9 日小麦播种 2 天第 1 次施肥, 施碳铵 750kg/ hm^2 , 过磷酸钙 225kg/ hm^2 ; 2000 年 3 月 3 日小麦返青第 2 次施肥, 施尿素 300kg/ hm^2 ; 共灌溉 4 次, 时间分别为 1999 年 10 月 1 日、11 月 29 日、2000 年 3 月 3 日和 5 月 13 日; 降雨量比较大的日期有 2000 年 7 月 4~7 日降雨 220mm 左右, 15~17 日降雨 52mm, 9 月 5~6 日降

雨约 177mm。

玉米秸秆整株还田的工艺流程为: 摘穗 轧倒 施肥 整株直接深耕还田 播种 镇压。同时应注意以下几个问题: 在用小四轮拖拉机或用三轮车拉运玉米穗时将玉米秸秆轧倒, 或摘穗时用脚踏拖拉机前进的方向踩倒秸秆; 用东方红 70 等大中型拖拉机翻耕, 将玉米秸秆整株翻压在土壤内, 耕深 20~25cm (覆土地 10~15cm), 同时拖拉机带圆盘耙或合墒器耙平; 用圆盘式播种机播种小麦, 小麦播种后, 必须用 V 型镇压器进行镇压, 以夯实土壤, 否则会影响出苗率。玉米秸秆粉碎还田的工艺流程为: 摘穗 粉碎还田 施肥 深耕 镇压 播种。

NO_3^- -N 与 NH_4^+ -H 的测定方法分别为硝酸盐还原法和靛酚蓝比色法, 用中国农业大学植物营养系的流动分析仪进行测定^[5], 微生物 N 用熏蒸浸提法 (FE) 测定。

2 试验结果

2.1 对无机 N 的影响

土壤无机 N 约占全 N 的 1%~5%, 主要是 NH_4^+ -H 和 NO_3^- -N, 有时有少量亚硝酸。故这里将 NH_4^+ -H 和 NO_3^- -N 之和看作无机 N。取样时分别在每处理选 3 处, 每处取 3 点进行测定。

2.1.1 硝态 N 先分析土层 0~15cm NO_3^- -N 含量情况。在整个小麦生长期 NO_3^- -N 出现过 3 次高峰期, 呈现很强的规律性。秸秆还田后很快进入快速分解阶段, 产生了大量的无机态 N 化合物^[6], 从

^①本文得到荷兰 SAIL 基金会的中荷合作项目“可持续土地管理 (SULAMA)”和国家“九五”攻关课题“黑龙港上游农业高效持续发展研究”(96-004-01-01)) 资助。

而出现第 1 次高峰期 (1999/12/9), 粉碎处理更是达到了 40.18mg/kg 的水平。由于 3 月 3 日刚浇过返青水, 致使 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 含量降低, 同为粉碎处理, 在 3 月 15 日降到了 11.11mg/kg 。随着通气状况和土壤温度的升高, 到 4 月 10 日出现第 2 个高峰期, 此时小麦正处于生长旺盛的拔节期, $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 的高含量为作物生长提供了大量可吸收 N。在进入小麦生长的后期 (5/8), 土壤养分消耗枯竭, 同时土壤含水量也很低。在玉米秸秆的分解后期, 先前被固定的一部分 N 开始释放, 加上秸秆本身提供的 N 素 (玉米秸秆含 $\text{N} 0.71\%$), 从而出现了 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 的第三次高峰期 (7/24), 其中粉碎处理达到了 67.33mg/kg , 而清茬只有 34.86mg/kg 。此时正值夏玉米孕穗期, 处于 N 素最大效率期, 也是作物对养分要求极为重要的时期。不过整翻处理的 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 含量却在下降, 只有 14.29mg/kg , 这可能与取样造成的误差有关。到 9 月 21 日, 玉米已经成熟, 土壤中可吸收性养分很少, $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 含量也达到了最低点, 各处理之间也较接

近, 为 $4.45 \sim 5.95\text{mg/kg}$ 。以上这些说明土壤中 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 含量随季节的变化和植物不同生育阶段而有显著的差异 (图 1)。

从整个趋势看, 小麦生长前期还田处理的 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 含量低于不还田处理 (尤其在 $0 \sim 15\text{cm}$ 土层), 到后期分解进入缓慢阶段, 开始释放出 N。秸秆还田也正是因为小麦生长前期能固定可溶性 N, 减少了 N 的淋失, 在小麦生长的后期需 N 阶段又能提供更多的 N, 从而提高了 N 的利用效率。本试验中粉碎处理硝态 N 含量自始至终都比整翻处理高。 $15 \sim 30\text{cm}$ 土层的 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 含量变化情况同 $0 \sim 15\text{cm}$ 土层的相一致 (图 1)。

2.1.2 铵态 N 在土层 $0 \sim 15\text{cm}$ 和 $15 \sim 30\text{cm}$ 中 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 的变化趋势基本一致, 都是在 4 月 10 日达到最高值, $0 \sim 15\text{cm}$ 土层各处理平均为 32mg/kg , $15 \sim 30\text{cm}$ 土层则为 30mg/kg , 以此为中心呈很好的对称性。各处理之间的差异没有 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 的明显。虽然 7 月份降雨达到了 270mm , 土壤平均含水量也高

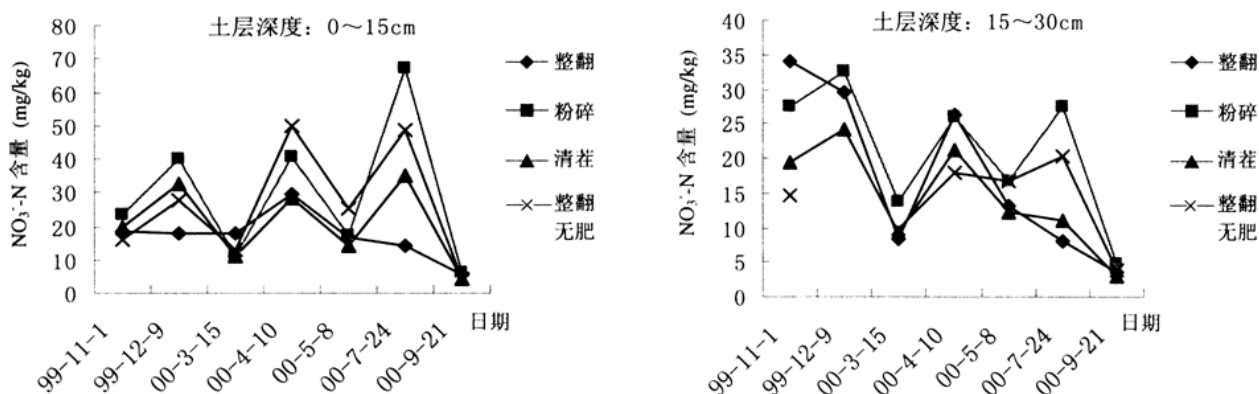
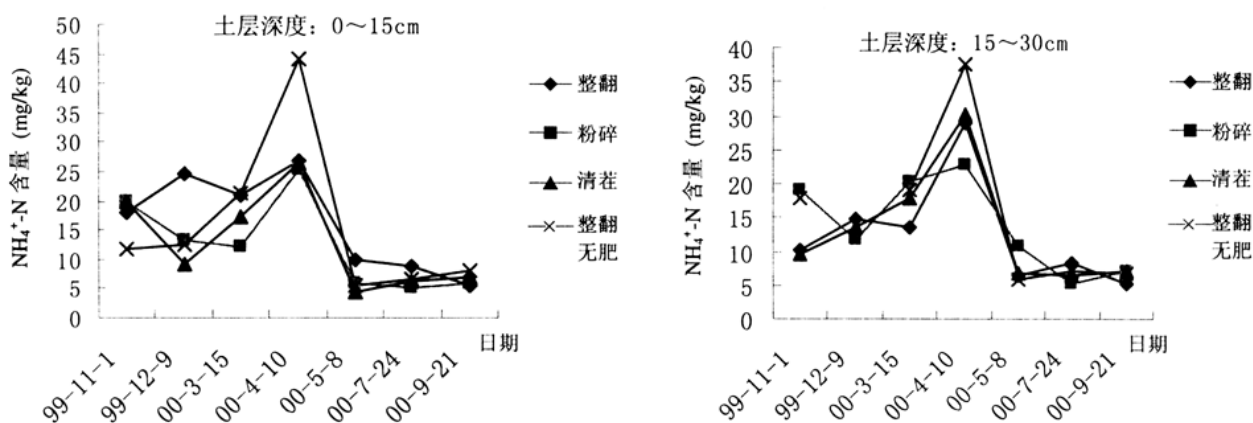


图 1 试验各处理 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 含量

Fig. 1 Nitric nitrogen contents in the treatments of the experiment



图表 试验各处理 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$

Fig. 2 Ammonium nitrogen contents in the treatments of the experiment

达 22% (21.7%~22.64%), 但 7 月 24 日的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量依然很低, 整个土壤的平均值才为 7mg/kg, 最高的也没有达到 9mg/kg, 而此时正是夏玉米需 N 高峰期, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的含量却很高, 0~15cm 土层中平均达到了 40mg/kg。这也说明北方干旱、半干旱地区作物吸收 N 主要以 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 形式进行的, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量随作物生长季节的变化而变化(图 2)。

2.1.3 无机 N 这里的无机 N 含量是 0~30cm 土层的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量平均值与 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量平均值相加之和。由于 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的总体浓度在很大程度上高于 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度, 因此无机 N 在整个小麦生育期变化趋势基本与 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 相一致。无机 N 是土壤速效性 N, 是表征土壤供 N 能力的指标。图 3 显示, 在 4 月 10

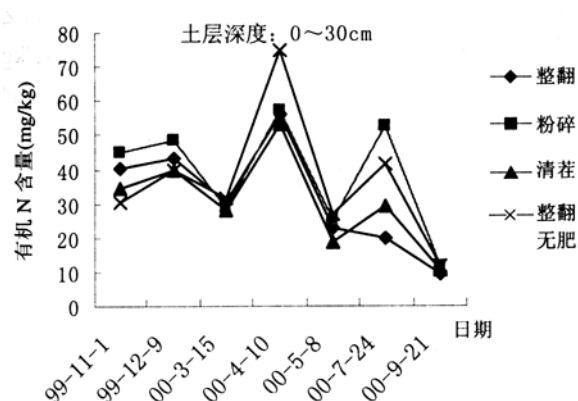


图 3 试验各处理 0~30cm 无机 N 含量

Fig. 3 Inorganic nitrogen contents in the treatments of the experiment (0~30 cm)

日和 7 月 24 日无机 N 含量都达到了峰值, 前者各处理都超过了 50mg/kg, 后者各处理平均值也达到了 35mg/kg。而这两个时期也正是冬小麦和夏玉米最需要 N 素的时期。由于在 7 月 24 日的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量比 5 月 8 日测的还要低, 使得无机 N 在 7 月 24 日也是呈下降趋势, 与其他处理不同。同时我们还发现, 在返青后不久土壤温度较低作物生长不很旺盛时 (3/15) 和玉米成熟时 (9/21) 每次测得的无机 N 含量各处理之间都很接近。另外, 在整个小麦和玉米季节, 秸秆还田处理的无机 N 含量都高于清茬, 这说明作物秸秆还田能提高土壤的供 N 能力。

2.2 硝态 N 含量变化

表 1 中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 数据是将每次测得的所有处理的 0~15cm 和 15~30cm 土层 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 或 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 相加而得到的。从中可以看到在冬小麦的抽穗灌浆期和夏玉米的拔节期 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的比重很大, 几乎占了速效 N 的 80%左右, 能很好地满足作物对 N

表 1 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 占无机 N 的比重

Table 1 Percentage of nitric nitrogen against inorganic nitrogen

日期	$\text{NO}_3^-\text{-N}$ (mg/kg)	$\text{NH}_4^+\text{-N}$ (mg/kg)	无机 N (mg/kg)	比重 (%)
2000-5-8	1672.7	430.60	2103.3	79.53
2000-7-24	1807.8	515.15	2322.95	77.82
2000-9-21	348.89	495.52	844.41	41.32
总量	3829.39	1441.27	5270.66	72.66

素的需要, 而到了玉米成熟期 (9/21) 时大幅度降低, 只有 41.32%。这一方面说明作物吸收 N 主要以 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 形式进行; 另一方面也说明 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 随作物季节的变化而变化, 易显肥效, 但易流失, 同时与土壤通气状况也有密切关系, 通气好含量高, 通气差含量低。易受施肥、微生物活性及土壤环境条件 (包括土壤通气、水分、温度、PH 等) 因素的影响。因此 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 能很好地表征土壤供 N 能力, 可以认为在干旱、半干旱地区, 用 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 来作为 N 肥推荐的指标^[7]。在 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 大幅度变化的同时, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 却始终变化不大, 总和在 500mg/kg 左右, 说明在北方旱农区, 土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 具有稳定性。

2.3 土壤微生物 N

土壤微生物 N 一般占土壤全 N 的 1%~5%, 与土壤水解性 N 含量比较吻合 (Bonde and Shchnurer *et al.*, 1988; Smith and Paul, 1991)。秸秆还田为土壤中异养型微生物提高了大量的能源和 C 源, 促进了土壤中各类群的生命活动和提高了土壤生物学活性, 从而加速了土壤中各种营养元素的生物学循环。

从整个过程来看, 基本上可分为 2 个阶段, 前期由于玉米秸秆进入快速分解时期, 微生物活动激烈, 到后期减弱, 从而出现了开始时微生物 N 含量逐渐升高, 3 月 29 日达到高峰, 以后逐渐下降, 这在 0~15cm 土层上表现明显。试验表明, 在 0~15cm 土层中, 除了 4 月 16 日相接近外, 清茬处理的微生物 N 几乎在整个小麦生长期间都比秸秆还田处理低; 在 15~30cm 土层上, 从 12 月 13 日到第 2 年 4 月 16 日却是清茬处理的要高于还田处理, 这一方面与还田处理此时秸秆分解进入缓慢阶段, 微生物活动减弱有关, 另一方面是因为清茬处理的根茬集中在底层开始分解的缘故。另外, 在 0~15cm 和 15~30cm 土层上, 还田处理的微生物 N 都是前者大于后者, 而清茬处理却相反, 是后者要大于前者(图 4)。

比较整翻与粉碎两种还田方式, 第 1 次测时粉碎处理的微生物 N 要高于整翻处理, 从 12 月 13 日始直到第 2 年 4 月 16 日, 整翻处理的微生物 N 要高

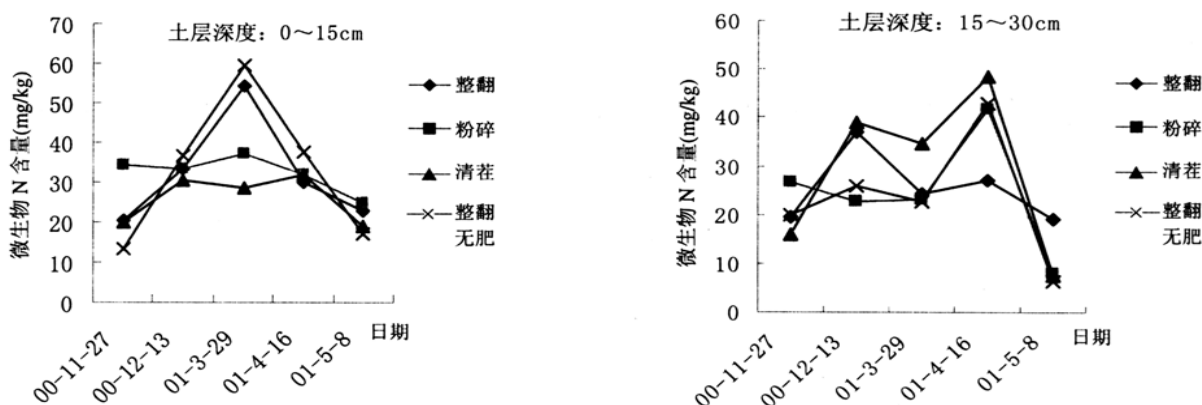


图 4 站北试验不同处理微生物 N 含量

Fig. 4 Microbiological nitrogen contents in the treatments of the experiment north of the station

于粉碎处理。这些变化是与作物秸秆的分解状况相一致的。

3 结论与讨论

1. 玉米秸秆还田后前期土壤 NO_3^- -N 含量低于清茬处理, 后期开始释放出 N, 一定程度上满足小麦生长后期对 N 素的需求, 粉碎处理土壤 NO_3^- -N 含量在整个试验过程中都比整翻处理高。

2. 北方地区作物吸收 N 主要以 NO_3^- -N 形式进行, NO_3^- -N 含量随作物生长季节的变化而改变, NH_4^+ -N 则具有稳定性。

3. 秸秆还田后土壤微生物 N 含量变化同秸秆分解状况相一致, 前期较高, 到 3 月 29 日达到高峰, 后期低。除第 1 次 (2000/11/27) 外, 均是整翻处理的微生物 N 高于粉碎处理。

参考文献

- 1 张夫道. 有机和无机氮在土壤—水稻系统中平衡的研究. 土壤肥料, 1995, (2): 1~4
- 2 韩晓日等. 长期施肥条件下土壤生物量氮的动态及其调控氮素营养的作用. 植物营养与肥料学报, 1996, (1): 16~21
- 3 牛灵安. 曲周试区集约种植条件下 N、P、K 的动态研究. 中国农业大学硕士学位论文, 1999
- 4 Sylvie Recous, Celso Aita, Bruno Mary. In Situ Changes in Gross N Transformations in Bare Soil after Addition of Straw. Soil Biology and Biochemistry, 1999, (31): 119~133
- 5 鲁如坤主编. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999, 156~161
- 6 汤树德, 王凤书著. 秸秆还田原理及其应用. 北京: 北京农业大学出版社, 1993, 47~53
- 7 曹云者, 张西科等. 用土壤剖面无机氮和拔节期植株茎基部 NO_3^- -N 进行氮肥推荐的研究. 国际平衡施肥研讨会论文集, 1999: 186~191

EFFECT OF PATTERNS OF USING CORN STALKS AS MANURE ON SOIL N

Ma Yongliang Yu Zhenrong Jiang Yonghong Luo Wei Tian Shumin

(The College of Resources and Environmental Science, China Agricultural University, Beijing 100094)

Abstract Two different patterns of using corn stalks as manure (incorporation into the soil) were tested on fluvo-aquic soil at the Quzhou Experiment Station of the China Agriculture University. The one-year experiment showed that N recovery rate increased because leaching of soluble N was low in the initial period of the incorporation of corn stalks and release of N increased in the late period. The content of nitric nitrogen in the soil varied remarkably with the crop-growing season, while ammonium nitrogen remained steady. The variation of microbiological nitrogen in soil coincided with the process of decomposition of the corn stalks. In most of the time, the plot with whole stalks incorporated in higher in microbiological content than the plot with smashed stalks incorporated.

Key words Corn stalks, Incorporation, Nitric nitrogen, Ammonium nitrogen, Microbiological nitrogen