

秸秆还田对半干旱区农田土壤养分含量及玉米光合作用的影响

徐 萌, 张玉龙, 黄 毅, 张玉玲, 虞 娜, 闫洪亮, 邹洪涛

(沈阳农业大学土地与环境学院、农业部东北土壤与环境重点开放实验室, 辽宁 沈阳 110866)

摘 要: 为了提升和保育辽西半干旱区农田土壤质量, 采用盆栽试验的方式探讨了不同处理方式、不同用量玉米秸秆还田对土壤养分含量的影响。结果表明, 秸秆还田后, 其土壤含水量比对照组提高了3%~7%; 有机质含量比对照组提高幅度为1.9%~19%; 全氮含量比对照组提高幅度为0.7%~14.4%; 速效磷含量比对照组提高了2.51~14.75 mg/kg; 速效钾含量比对照组提高了7.33~188.07 mg/kg; 碱解氮含量比对照组提高了8.46 mg/kg; 净光合速率比对照组提高了3~11.03 $\text{CO}_2 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 秸秆还田可以缓解土壤碱化。

关键词: 秸秆还田; 辽西北半干旱区; 农田土壤养分; 玉米

中图分类号: S158; S513.048 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)04-0153-04

中国是秸秆大国, 每年产生的秸秆有6亿吨之多, 玉米秸秆含大量的有机碳以及氮、磷、钾等营养元素, 作为一种重要的有机肥源物质可以在农业中广泛应用^[1]。作为“沃土工程”的基本内容之一, 秸秆还田引起了全国各地的广泛关注^[2]。秸秆本身含有大量的氮、磷、钾等植物生长所需的营养元素, 秸秆还田将玉米从土壤中吸收的营养元素又归还到土壤中, 在一定程度上缓解土壤养分耗竭状况^[3]。秸秆还田可以减少化肥的施用量, 一定程度上减轻土壤板结, 改善土壤理化性状, 使土壤微生物的数量有所增加, 对调控田间温湿度和提高大田墒情等有着重要的作用^[4], 还可以改善土壤的物理性状, 增加土壤的肥力^[5]。因此, 秸秆还田是利用秸秆资源的直接有效的途径。秸秆中的氮、磷、钾等养分在深施时释放比秸秆面施快, 最后残留量亦少, 土壤肥力提高, 增产效果显著。秸秆腐解物地面覆盖1年后, 可以显著增加土壤有机质含量和养分含量, 以减少化肥的使用量^[6]。且根据秸秆腐解特征及养分含量, 还田初期可以不调整氮磷肥的施用量^[7]。秸秆还田与化肥配施时土壤氮素矿化潜力较大, 且养分供应能力较强, 土壤有机质和全磷的富集效应较明显, 提高土壤肥力^[8-9]。秸秆还田能够明显提高土壤有机质和养分含量, 连续秸秆还田12年后比单施化肥的土壤有机质含量提高5.6%~6.5%, 土壤全

氮、碱解氮、有效磷含量均有所提高; 单施化肥和化肥+秸秆还田能够提高土壤速效钾含量, 而长期不施化肥和单施秸秆则使土壤速效钾含量呈下降趋势^[10]。在不同的气候条件和土壤类型下, 秸秆还田对土壤养分以及作物生长发育影响不同。本研究以辽西半干旱区土壤为研究对象, 探讨秸秆不同处理方式和还田用量对土壤养分及玉米光合速率的影响, 以期对辽西农田土壤质量保育和地力提升提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

供试土壤采自辽宁省阜新县于寺乡, 土壤类型为褐土, 质地为粉砂土。采集后的土壤进行风干, 剔除其中的石块、玉米根系等杂质; 其基本理化性质为: 容重 $1.24 \text{ g}/\text{cm}^3$, pH 7.26, 有机质 $12.43 \text{ g}/\text{kg}$, 全氮 $8.6 \text{ g}/\text{kg}$, 硝态氮 $7.37 \text{ mg}/\text{kg}$, 铵态氮 $10.16 \text{ mg}/\text{kg}$, 速效磷 $12.23 \text{ mg}/\text{kg}$, 速效钾 $151.96 \text{ mg}/\text{kg}$ 。

1.2 供试玉米

供试玉米品种为郑单958。

1.3 试验设计与方法

试验于2009年10月—2010年10月在沈阳农业大学带有防雨篷的田间实验场进行, 2009年秋玉米收获后采集玉米秸秆, 将收集到的秸秆风干后进行两种方式处理: (1) 破碎处理, 秸秆压扁后剪成4

收稿日期: 2011-09-28

基金项目: 农业部公益性行业专项(200903007); 国家973项目(2011CB100500); “十一五”国家科技支撑项目(2007BAD89B02)

作者简介: 徐 萌(1985—), 女, 山东淄博人, 在读硕士, 主要从事秸秆还田与土壤改良方面的研究。E-mail: xumeng-1117@163.com。

通讯作者: 邹洪涛(1976—), 男, 副教授, 硕士生导师, 主要从事新型肥料研发与应用、土壤改良与水资源高效利用方面的研究。E-mail: suzhi@yahoo.com.cn。

~5 cm;(2) 粉碎处理,用粉碎机器将秸秆粉碎成粉末状。两种形式的秸秆分别按照 400、800、1 200、1 600 kg/667m² 的用量施入土壤中,按照容重 1.24 g/cm³ 装入盆中(盆尺寸:口径 42 cm,底径 23.5 cm,高 38 cm),每盆风干土壤为 30 kg。为防止秸秆还田于耕层,不利于玉米苗期生根,故先将 20 kg 土壤与秸秆进行混合装盆,其上覆 10 kg 土壤以模拟耕层。按用量破碎秸秆处理分别标记为 C-1、C-2、C-3、C-4,粉碎秸秆为 X-1、X-2、X-3、X-4,同时设不施秸秆对照 CK,共计 9 个处理,每处理重复 3 次,每盆种植一株玉米。同时埋设地温计,观察土壤温度变化;在玉米生长季内,每处理灌水量相同。玉米收获后测定土壤含水量(Soil moisture probe type SMS2 and meter type HH2)、有机质、全氮(C、N、S 元素分析仪)、速效氮、速效磷、速效钾含量^[12];玉米净光合速率,采用光合速率测定仪测定(LI-6400XT 光合仪,美国 LI-COR 公司)。

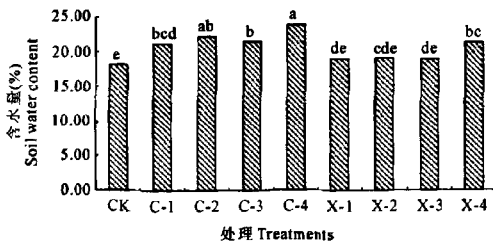
1.4 数据统计

试验数据采用 Excel 和 SPSS 软件进行处理统计并作图,采用 Duncan 检验试验数据的差异显著性水平。

2 结果与分析

2.1 秸秆还田对耕层土壤含水量的影响

玉米收获期测定不同处理 0~20 cm 土壤含水量,如图 1 所示。由图 1 可以看出,秸秆破碎还田处理土壤含水量明显高于对照,分别比对照提高了 2.96%、4.04%、3.25% 和 5.65%,差异达到了显著水平;这说明破碎秸秆不但保持有原本的秸秆结构,可以有效保持土壤水含量,而且经过破碎处理,水份更易进入秸秆内部结构,有效保持水含量。



注:数值为平均值,不同字母间差异显著(P<0.05)。下同。

Note: Values are means. Different letters in the same column indicate significant difference (P<0.05). The same as below.

图 1 不同处理土壤含水量

Fig.1 Soil water content in different treatments

由图 1 还可以看出,粉碎秸秆各处理土壤含水量除 X-4 处理与对照差异达显著(土壤含水量比对照组提高了 3.12%)外,其他 X-1、X-2、X-3 处理与对照差异不显著。这表明粉碎秸秆仍然有一定的保水效果,但由于秸秆经粉碎后,体积减小,不能较好地改善土壤结构,加之秸秆内部结构改变,从而相同质量的粉碎秸秆保水效果较破碎秸秆差。因此,从保蓄土壤含水量来看,秸秆破碎处理要明显好于粉碎处理。

2.2 秸秆还田对土壤有机质、全氮和 pH 值的影响

玉米收获后采集土壤,测定土壤有机质、全氮及 pH,如表 1 所示。由表 1 可以看出,破碎秸秆 C-3 处理的土壤全氮含量最高,达到 0.84 g/kg,高于对照组 0.11 g/kg。C-1 处理与 X-1 处理的土壤全氮值低于对照组,粉碎秸秆的 X-1 处理土壤全氮含量最低;其他各处理均高于对照组,但无显著差异。破碎秸秆处理与粉碎秸秆处理的土壤全氮含量均随秸秆用量的增加呈先增加后减少的趋势,即均以 1 200 kg/667m² 处理全氮含量最高,这可能是由于秸秆的碳氮比较高,在第一年腐烂时需要较多的氮,但秸秆量较少的处理无法释放多余消耗的氮。

表 1 土壤有机质含量、全氮含量、pH 值及方差分析结果

Table 1 TOC, pH, total nitrogen content and the results of variance analysis

处理代码 Treatments	全氮 Total N (g/kg)	有机质 OM (g/kg)	pH (0~20 cm)
CK	0.73bc	3.47ab	7.23a
C-1	0.74bc	3.09b	7.09a
C-2	0.75bc	3.39ab	6.67cd
C-3	0.84a	4.13a	6.47de
C-4	0.77b	3.57ab	6.20e
X-1	0.72c	3.53ab	7.03ab
X-2	0.74bc	3.37ab	7.03ab
X-3	0.76b	3.38ab	6.94abc
X-4	0.755bc	3.565ab	6.74bcd

从表 1 中可以看出,破碎秸秆各处理与粉碎秸秆各处理的土壤有机质含量均随秸秆施用量增加,出现先增加后减少的趋势,这表明在秸秆还田初期,过量秸秆也不利于土壤有机质的增加,秸秆还田初期的秸秆腐解特征有待进一步研究;破碎秸秆的 C-3 处理的土壤有机质含量最高,达到了 4.13 g/kg,高出对照组 0.66 g/kg;从表 1 中还可以看出,施用秸秆后土壤的 pH 值有下降趋势,秸秆用量越多,pH

值下降越明显。由此可以看出,秸秆还田不仅增加了土壤有机质含量,而且也增加了土壤全氮的含量,并且可以降低土壤 pH 值,为玉米的生长发育提供了良好的土壤环境条件。

2.3 秸秆还田对土壤速效养分的影响

在玉米收获期测定不同处理土壤速效氮、磷、钾含量,如表 2 所示。从表 2 中可以看出,土壤有效磷含量随秸秆施用量的增加呈现逐渐升高的趋势。秸秆还田各处理的有效磷含量都高于对照,且差异达显著水平;其中,粉碎秸秆 X-4 处理的土壤有效磷含量最高,达到 17.71 mg/kg,高于对照组 14.75 mg/kg;破碎秸秆各处理的土壤有效磷含量均低于粉碎秸秆的处理。各处理土壤有效钾含量随秸秆还田量的增加逐渐升高,且各处理的土壤有效钾含量均高于对照;其中,X-4 处理的土壤有效钾含量最高,达到 271.64 mg/kg,比对照组高出 188.04 mg/kg,差异达显著水平。秸秆还田各处理的土壤碱解氮含量均高于对照,土壤碱解氮含量最高值则出现在 X-3 处理,达到 36.17 mg/kg,高出对照组 10.50 mg/kg。

表 2 秸秆还田对土壤速效养分的影响及方差分析

Table 2 Effect of returning straw on readily available nutrient of soil and the results of variance analysis

处理代码 Treatments	有效磷 Available P (mg/kg)	有效钾 Available K (mg/kg)	碱解氮 Alkali-hydrolyzed N (mg/kg)
CK	2.96e	83.57e	25.67e
C-1	5.47d	90.90de	27.71de
C-2	5.60d	92.36de	32.67abc
C-3	6.66d	129.49c	30.63bcd
C-4	7.26cd	107.00d	29.46cde
X-1	9.50bc	146.59c	30.92bcd
X-2	10.47bc	154.40b	35.00a
X-3	14.70b	170.52b	36.17a
X-4	17.71a	271.64a	34.13ab

由表 2 还可以看出,粉碎处理的土壤速效养分均高于破碎处理,这是由于在秸秆腐解初期,粉碎秸秆较破碎秸秆易分解,更有利于秸秆中的养分释放到土壤中。大量研究表明,秸秆还田降低了土壤容重,改善了土壤的通透性,创造了良好的水分条件,促进了土壤有机氮的矿化分解和土壤中磷、钾的释放,再加之秸秆的分解,有利于土壤速效氮、磷、钾含量的增加。

2.4 秸秆还田对玉米光合作用的影响

在玉米抽穗期测定不同处理玉米的净光合速率,结果见图 2 所示。从图 2 中可以看出,秸秆还田处理均能提高玉米的净光合速率;粉碎秸秆处理的玉米净光合速率随着秸秆量的增加而呈现升高的趋势,破碎秸秆处理的玉米净光合速率普遍较高,但无显著差异;X-4 处理的玉米净光合速率最高,达到了 $32.2 \text{ CO}_2 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,比对照增加了 $11.03 \text{ CO}_2 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,达到了显著差异。经显著性检验结果表明,X-4、X-3、C-4、C-2 和 C-1 处理与对照间差异达到了显著水平。可见,不同形式的秸秆还田后对玉米的净光合速率都有影响,但破碎秸秆的效果优于粉碎秸秆。

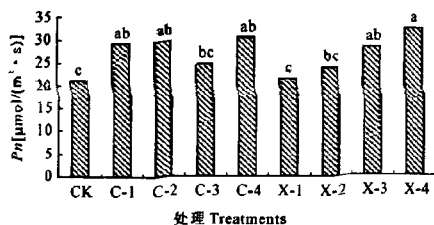


图 2 不同处理玉米净光合速率(Pn)变化

Fig. 2 Corn net photosynthetic rate (Pn) in different treatments

研究表明,氮、磷、钾养分缺乏或过量均会使光合能力降低^[15]。由于破碎秸秆还田后,土壤透气性增强,使土壤微生物活性增强,速效养分含量差别较小,故玉米的净光合速率无显著差异;粉碎秸秆虽然腐解较快,还田后土壤速效养分差异显著且有递增趋势,故玉米净光合速率呈递增趋势,且差异较显著,但由于少量粉碎秸秆不能较好地改善土壤结构,土壤透气性没有显著增强,因此 X-1 与 X-2 处理的速效养分含量较少,其玉米净光合速率较低。

3 结 论

以辽宁西部半干旱区阜新土壤为研究对象,探讨不同形式、不同量秸秆还田后,经过一个玉米生长季后,土壤养分含量的变化及对玉米光合作用的影响,得出如下结论:

1) 秸秆还田处理可明显提高土壤有机质及全氮含量。土壤有机质含量的提高幅度为 1.9% ~ 19%,其中以破碎秸秆 $1200 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$ 处理土壤有机质含量提高的最为显著 ($P < 5\%$);提高土壤全 N 含量为 0.7% ~ 14.4%,其中以破碎秸秆 1200

kg/667m²处理土壤全N含量提高的最为显著($P < 5\%$);秸秆还田处理能够调节土壤的pH值。

2) 秸秆还田处理能够增加土壤速效养分氮、磷、钾的含量。碱解氮含量,增加幅度为7.9%~40.9%,以粉碎秸秆1200 kg/667m²处理土壤碱解氮含量最为显著($P < 5\%$);土壤有效钾含量增加幅度为8.77%~225%,以粉碎秸秆1600 kg/667m²处理最为显著($P < 5\%$);土壤有效磷含量增加幅度为50.9%~498%,以粉碎秸秆1600 kg/667m²处理最为显著($P < 5\%$)。

3) 秸秆还田处理能够提高玉米净光合速率,提高幅度为0.94%~52.04%,以粉碎秸秆1600 kg/667m²处理玉米净光合速率最为显著($P < 5\%$)。由此可见,秸秆还田可以改善土壤的养分状况,调节土壤pH值,提高玉米的净光合速率。

参考文献:

- [1] 王巨臣,戴林,田宜水,等.中国生物质能产业发展现状及趋势分析[J].农业工程学报,2007,23(9):276-282.
- [2] 谢平,韩民,姜兴顺.实施“沃土工程”强化秸秆还田[J].安徽农业科学,2004,32(5):944.
- [3] 谭德水,金继运,黄绍文,等.长期施钾与秸秆还田对华北潮土和褐土区作物产量及土壤钾素的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(1):106-112.
- [4] 田宜水,孟海波.农作物秸秆开发利用技术[M].北京:化学工业出版社,2007:162.
- [5] 毕子运,王道龙,高春雨,等.中国秸秆资源评价与利用[M].北京:中国农业科学技术出版社,2008.
- [6] 时连辉,韩国华,张志国,等.秸秆腐解物覆盖对园林土壤理化性质的影响[J].农业工程学报,2010,26(1):113-117.
- [7] 戴志刚,鲁剑巍,李坤,等.不同作物还田秸秆的养分释放特征试验[J].农业工程学报,2010,26(6):272-276.
- [8] 王帅,杨劲峰,韩晓日,等.不同施肥处理对旱作春玉米光合特性的影响[J].中国土壤与肥料,2008,6:23-27.
- [9] 马力,杨林章,肖和艾,等.长期施肥和秸秆还田对红壤水稻土氮素分布和矿化特性的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(4):898-905.
- [10] 张春霞,郝明德,谢佰承.长期秸秆还田对黄土旱源区土壤肥力的影响[J].甘肃农业科技,2010,2:18-20.
- [11] 徐祖祥.长期秸秆还田对冬小麦产量及土壤肥力的影响[J].山地农业生物学报,2010,29(1):10-13.
- [12] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2010:79-89,103-109,56-57.
- [13] 张静,温晓霞,廖允成,等.不同玉米秸秆还田量对土壤肥力及冬小麦产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(3):612-619.
- [14] 路文涛,贾志宽,高飞,等.秸秆还田对宁夏旱作农田土壤水分及作物生产力的影响[J].农业环境科学学报,2011,30(1):93-99.

Effects of returning straw to field on soil nutrient content and corn photosynthesis in semiarid region

XU Meng, ZHANG Yu-long, HUANG Yi, ZHANG Yu-ling,

YU Na, YAN Hong-liang, ZOU Hong-tao

(College of Land and Environmental Science, Shenyang Agricultural University,

Key Open Laboratory of Northeastern Soil and Environment of Ministry of Agriculture, Shenyang, Liaoning 110866, China)

Abstract: In order to improve and conserve soil in semiarid region of west Liaoning, the effects of returning straw to field with different forms and doses on soil nutrient content were investigated by pot experiment. The results showed that compared to the control group, the soil water content in the treatments of returning straw to field increased by 3%~7%, the soil organic matter increased by 1.9%~19%, soil total nitrogen by 0.7%~14.4%, available phosphorus by 2.51~14.75 mg/kg, available potassium by 7.33~188.07 mg/kg, alkali-hydrolyzable nitrogen by 8.46 mg/kg, net photosynthetic rate of corn by 3~11.03 CO₂ μmol/(m²·s). The straw returning also alleviated soil alkalization.

Keywords: returning straw to field; semiarid region of west Liaoning; soil nutrient