

玉米秸秆深层还田技术对土壤肥力和玉米产量的影响研究

王喜艳¹, 张亚文¹, 冯 燕¹, 周兴本¹, 刘 洋¹, 周 剑¹, 黄 毅^{2*}
(1. 辽宁水利职业学院, 辽宁 沈阳 110122; 2. 沈阳农业大学土地与环境学院, 辽宁 沈阳 110161)

摘 要: 采用田间试验, 利用玉米秸秆深层还田技术对 0~40 cm 土层土壤肥力和玉米产量的影响进行了研究。结果表明, 玉米秸秆深层还田不仅能改善土壤理化性质, 培肥土壤, 还能增加玉米产量。秸秆深层还田 3 年后 0~20 cm 土层有机质含量提高了 1.8%~8.38%, 速效氮含量提高了 5.47%~14.66%, 速效磷含量提高 1.33%~1.42%, 速效钾含量提高了 1.77%~5.31%, 容重降低了 0.75%~4.51%; 20~40 cm 土层有机质含量提高了 11.94%~46.27%, 速效氮含量提高了 6.15%~30.82%, 速效磷含量提高 1.74%~2.98%, 速效钾含量提高了 4.3%~13.98%, 容重降低了 5.52%~13.79%; 深层秸秆还田后玉米增产量有明显的增加趋势, 增产量在 4.7%~8.5% 之间。

关键词: 玉米; 秸秆还田; 土壤肥力; 产量
中图分类号: S513.061 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)06-0103-05

Effects of deep maize straw returning on soil fertility and maize yields

WANG Xi-yan¹, ZHANG Ya-wen¹, FENG Yan¹, ZHOU Xing-ben¹,
LIU Yang¹, ZHOU Jian¹, HUANG Yi^{2*}
(1. Liaoning Water Conservancy Vocational College, Shenyang, 110122, China;
2. Land and Environment College, Shenyang Agricultural University, Shenyang, 110161, China)

Abstract: A field trial was carried out to study the effects of deep maize straw returning on 0~40 cm layer soil fertility and maize yields. Results show that deep maize straw returning can not only improve the physic-chemical properties of soil but also improve maize yield. After deep maize straw returning for three years, organic matter content in soils of 0~20 cm has increased by 1.8%~8.38%, The content of available nitrogen, phosphorus, and potassium increased by 5.47%~14.66%, 1.33%~1.42%, and 1.77%~5.31%, respectively. By contrast, soil bulk density decreased by 0.75%~4.51%. In addition, these parameters showed similar trend of the soils of 20~40 cm. There was a considerable increase in the maize yields after deep maize straw returning, increased by 4.7%~8.5%.

Keywords: maize; straw returning; soil fertility; yield

随着农民生活水平的不断提高, 秸秆在广大农村地区已不再是主要的燃料物质, 秸秆的出路问题已经成为目前我国农村地区急需解决的一大难题^[1]。在农业生产过程中, 秸秆是一种重要的生物资源, 和其它有机肥料一样, 能培肥土壤, 促进作物增产, 维持土壤有机质平衡, 促进土壤养分循环^[2-5], 维持农业的可持续发展^[1,6]。玉米秸秆作为生物质能源长期以来并没有得到重视和很好地利用, 大部分被作为燃料烧掉, 即浪费资源又污染环境, 造成了资源的极大浪费^[7-8], 而且由于有机物不能回归土壤, 切断了农田生态系统的养分物质循环链, 不利于土壤质量和生产力的保持和提高^[1]。辽北地区是辽宁的主要粮食生产基地, 而玉米是当地主要的粮食作物, 玉米产量和品质状况直接取决于农田土壤肥力状况, 也关系到当地经济发展和粮食安全。本文以辽北地区旱地玉米为研究对象, 探讨旱地玉米秸秆深层还田技术对农田土壤培肥及玉米产量的影响, 为玉米节水高产栽培技术的实施提供重要的技术支持。

收稿日期: 2013-06-25
基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目“东北旱地玉米土、肥、水联合跨季节调控技术体系研究”(200903007)
作者简介: 王喜艳(1977—), 女, 蒙古族, 辽宁阜蒙县人, 讲师, 博士, 主要从事土壤改良、土壤肥力等方面的教学和研究工作。
* 通信作者: 黄 毅(1956—), 男, 研究员, 硕士生导师, 主要从事旱作农业、水资源与农业节水等方面的教学和研究工作。

1 试验材料与方法

1.1 试验土壤

本试验在沈阳市沈北新区石佛寺镇石佛寺水库试验基地进行,土壤类型为草甸土,土壤基本理化性质和玉米秸秆的养分含量见表 1、表 2。

1.2 供试作物

玉米,品种为辽丹 565。

1.3 试验设计与方法

本研究对 0~40 cm 土层采用不同的秸秆用量,

设计了 5 个水平:(Ⅰ) 0 kg·667m⁻²; (Ⅱ) 400 kg·667m⁻²; (Ⅲ) 800 kg·667m⁻²; (Ⅳ) 1 200 kg·667m⁻²; (Ⅴ) 1 600 kg·667m⁻²。每个处理重复 3 次,每个处理小区面积为 180 m²,不同水平处理随机排列。分别于 2009 年 10 月下旬开始连续 2 年用拖拉机牵引的大犁具开沟,沟为梯形,上底宽为 60 cm,下底宽为 40 cm,沟深 40 cm,开沟后将收获后的玉米秸秆整秸放入沟内,再后每 666.7 m² 施入尿素 15 kg、磷酸二铵 20 kg、硫酸钾 15 kg,然后用大犁具合垄将肥料和玉米秸秆埋入垄台中间。

表 1 供试土壤的理化性质

Table 1 Physicochemical properties of soils in the field experiment								
层次 Soil layer /cm	有机质 Organic matter /%	全 N Total N /%	速效 N Available N /(mg·kg ⁻¹)	全 P Total P /%	速效 P Available P /(mg·kg ⁻¹)	全 K Total K /%	速效 K Available K /(mg·kg ⁻¹)	容重 Bulk density /(g·cm ⁻³)
0~20	1.69	0.11	109.58	0.17	21.60	2.3	122	1.32
20~40	0.68	0.09	72.24	0.15	12.15	2.2	101	1.45

表 2 玉米秸秆的养分含量/%

Table 2 The chemical composition of the maize straw used					
项目 Item	有机碳 Organic C	全氮 Total N	全磷 Total P ₂ O ₅	全钾 Total K ₂ O	含水量 Moisture content
玉米秸秆 Maize straw	42.9	0.86	0.38	1.35	16.1

试验于 2010 年 4 月下旬播种,采取大垄双行二比空密植栽培技术(即在不减少株数的情况下,种二垄空一垄的栽培方式,图 1),10 月上旬收获,连续种植 3 a 玉米,每年秋季在大垄种植玉米行与秸秆与肥料埋深的中间位置随机采集样品,采集土壤深度为 0~20 cm,20~40 cm,并对土壤样品进行化验分析。

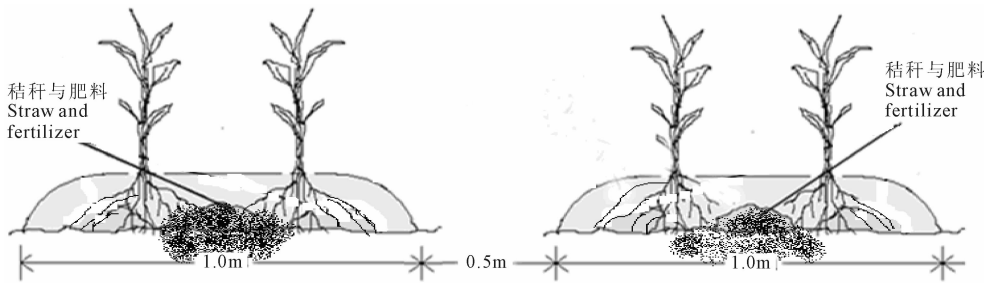


图 1 大垄双行二比空密植栽培技术

Fig.1 Double line upbroad ridge with 2:0 pattern of close planting

1.4 测定项目及方法

1.4.1 土壤的基本理化指标 土壤 pH 值采用上海生产的 pH S-120 型 pH 计测定(水土比 1:2.5);土壤有机质、全氮含量采用 Elemental-Ⅲ型 C/H/O/N/S 元素分析仪测定;全磷采用氢氧化钠熔融,钼锑抗比色法测定;全钾采用氢氧化钠熔融,火焰光度法测定;土壤速效钾采用醋酸铵浸提,火焰光度法测定;土壤速效磷采用碳酸氢钠浸提,钼锑抗比色法测定;土壤碱解氮采用碱解扩散法测定;土壤容重采用环刀法测定。

1.4.2 玉米产量 采用常规称重法测定。

1.5 试验数据处理方法

试验数据采用 Excel 和 SPSS 统计软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 秸秆深层还田对土壤有机质的影响

图 2 是秸秆深层还田对 0~20 cm 土层有机质含量的影响,随着年份和秸秆还田量的增加,土壤有机质含量有增加趋势,秸秆还田的第 1 年,除对照外各处理的土壤有机质含量有增加趋势,增加幅度在 0.3%~1.19%;LSD 多重比较结果表明各处理间

差异不显著,秸秆还田第 3 年对照处理 I 与试验前相比,有机质含量降低了 0.59%,秸秆处理有机质含量提高了 1.8%~8.38%,但处理 II、处理 III 有机质含量增加缓慢,处理 IV、处理 V 有机质含量增加幅度较大,说明随着秸秆还田数量的增加有利于 0~20 cm 土层有机质含量的增加。

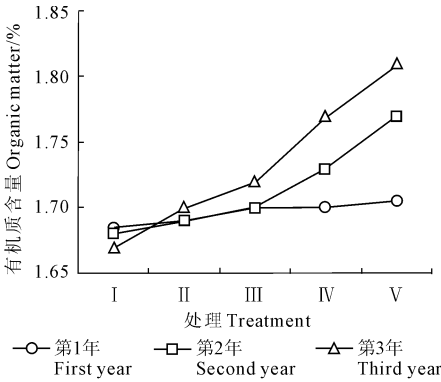


图 2 秸秆深层还田对 0~20 cm 土层有机质的影响

Fig.2 Effects of deep maize straw returning on organic matter content in soils of 0~20 cm

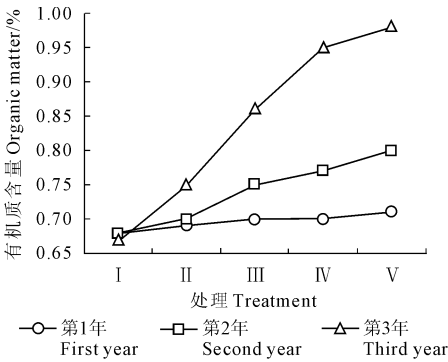


图 3 秸秆深层还田对 20~40 cm 土层有机质的影响

Fig.3 Effects of deep maize straw returning on organic matter content in soils of 20~40 cm

图 3 是秸秆还田对 20~40 cm 土层有机质含量的影响,可以得出秸秆还田第 1 年对有机质含量影响不显著,秸秆还田第 2 年有机质含量显著提高,提高幅度在 2.94%~17.65%;第 3 年有机质含量提高了 11.94%~46.27%,随着秸秆还田量的增加,土壤有机质含量显著增加,但到处理 V 时有机质增加量有降低趋势,20~40 cm 土层的有机质增加幅度高于 0~20 cm 有机质增加幅度。因此,深层玉米秸秆还田是提高土壤有机质含量重要的一项措施,而且深层秸秆还田有利于提高耕层以下土壤的有机质含量,更有利于改善土壤的理化性质,另外施入过多秸秆的土壤有机质增长比率降低,适量的玉米深层秸秆直接还田对提高土壤有机质具有重大意义。

2.2 秸秆深层还田对土壤氮、磷、钾含量的影响

表 3 结果表明,秸秆还田 3 a 后的各处理土壤速效氮与对照处理 I 相比,各处理土壤速效氮含量都明显提高,0~20 cm 土层的速效氮含量提高了 5.47%~14.66%,20~40 cm 土层的速效氮含量提高了 6.15%~30.82%,秸秆还田量达到处理 V 时,速效氮的增加趋势有降低趋势,对照处理与其它处理的差异达到极显著水平,而且 20~40 cm 的速效氮的增加量要高于 0~20 cm 土层的速效氮的增加量;土壤全氮含量也明显增加,说明土壤氮素积累增加,深层秸秆还田更有利于增加深层土壤的氮素累积。因此,在常规施用化肥的基础上,秸秆还田有利于土壤氮素的积累和土壤供氮能力的提高。与对照处理 I 相比秸秆还田的各处理在一定程度上都能提高土壤全磷含量,对土壤速效磷的影响显著,随着秸秆还田量的增加,速效磷含量有明显增加趋势,0~20 cm 土层速效磷含量提高 1.33%~1.42%,对照处理 I 与其它处理相比,差异达到了显著,但秸秆还田各处理之间差异不显著;20~40 cm 土层速效磷含量提高 1.74%~2.98%,对照处理 I 与其它处理相比,差异达到了极显著,处理 III、IV、V 之间差异不显著。与对照处理相比较,秸秆还田各处理土壤速效钾均有不同程度提高,与对照处理 I 相比较,0~20 cm 土层速效钾含量提高了 1.77%~5.31%;20~40 cm 土层速效钾含量提高了 4.3%~13.98%,增加幅度要高于 0~20 cm 土层的速效钾含量,说明有机物料能够改善土壤速效钾的供应能力。另外,深层秸秆还田后土壤中全氮、全磷、全钾有增加趋势,但是差异不显著。以上结果表明,深层秸秆还田有利于提高土壤养分含量,对促进深层土壤里的养分含量有积极作用。

2.3 秸秆深层还田对土壤容重的影响

从表 4 看出,秸秆还田能够降低土壤容重,与对照处理 I 比较,其它各处理的容重有降低趋势。0~20 cm 土层的容重降低了 0.75%~4.51%,LSD 多重比较结果表明,对照处理 I 与其它各处理均达到了极显著水平;处理 II、III 差异不显著,处理 IV、V 差异不显著,处理 IV 和处理 V 土壤容重显著降低可能与秸秆还田量大,导致垄台的土层变薄有关系;20~40 cm 土层的容重降低了 5.52%~13.79%,各处理之间的差异达到极显著水平。从表中还可以得出,20~40 cm 土层的容重比 0~20 cm 土层的容重降低幅度大,秸秆深层还田更有利于改善深层土壤的物理性质,这与秸秆还田增加了土壤的有机质含量和秸秆还田过程中改善了耕作犁底层的有关系。深层土

壤的容重的降低以及养分的增加,可能有利于土壤 极作用。
水分的保蓄,对于干旱地区的农业土壤抗旱具有积

表 3 秸秆深层还田 3 a 后各处理的土壤氮、磷、钾含量
Table 3 Effects of deep maize straw on soil N, P and K after three years of returning

处理 Treatment	层次/cm Soil layer	全氮 Total N %	速效氮 Available N /(mg·kg ⁻¹)	全磷 Total P /%	速效磷 Available P /(mg·kg ⁻¹)	全钾 Total K /%	速效钾 Available K /(mg·kg ⁻¹)
I	0~20	0.112	80.79e	0.171	21.53b	2.21	113
II		0.114	86.21d	0.172	21.81a	2.22	115
III		0.115	88.32c	0.175	21.82a	2.23	116
IV		0.117	90.15b	0.177	21.83a	2.23	118
V		0.119	92.63a	0.178	21.83a	2.24	119
I	20~40	0.091	58.67d	0.153	12.10c	2.11	93
II		0.094	62.28c	0.155	12.31b	2.14	97
III		0.097	69.10b	0.158	12.42a	2.16	101
IV		0.102	75.97a	0.164	12.45a	2.17	105
V		0.105	76.75a	0.167	12.46a	2.17	106

表 4 秸秆深层还田 3 a 后对土壤容重的影响/(g·cm⁻³)
Table 4 Changes of topsoil physical properties in diferent treatment

处理 Treatment	土层 Soil layer/cm	
	0~20	20~40
I	1.33a	1.45a
II	1.32b	1.37b
III	1.31b	1.31c
IV	1.28c	1.27d
V	1.27c	1.25e

注:土壤比重采用中间数值 2.65 g·cm⁻³计算。
Note: The value of 2.65 g·cm⁻³ was computed as soil particle density.

2.4 秸秆深层还田对玉米产量的影响

秸秆还田可以提高土壤的肥力,供给作物生长所必要的养分,从而提高玉米的产量,从图 4 和表 5 得出,实施深层秸秆还田后玉米产量有增加趋势,秸秆还田的第 1 年,玉产增产量在 0.5%~3.0%之间,

秸秆还田后的第 3 年,玉米增产量有明显的增加趋势,增产量在 4.7%~8.5%之间,增产量明显高于不施秸秆的对照处理,施入过多的玉米秸秆玉米产量的增长率降低,可能是由于施入过多的秸秆后使得耕层土壤厚度降低,影响了玉米根系的伸展。

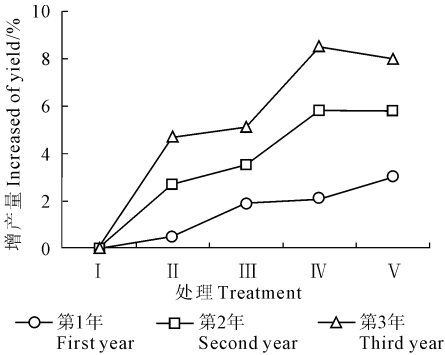


图 4 秸秆深层还田对玉米产量的影响
Fig.4 Effects of deep maize straw returning on maize yield

表 5 秸秆还田 3 a 后各处理的玉米产量
Table 5 Maize yield in different treatment

处理 Treatment	玉米产量 Maize yield/(kg·666.7m ⁻²)				增产率 Yield increased/%		
	第 1 年	第 2 年	第 3 年	平均 Average	第 1 年	第 2 年	第 3 年
I	547.4	498.1	548.9	531.5	0	0	0
II	550.1	511.5	574.7	545.5	0.5	2.7	4.7
III	557.8	515.5	576.9	550.1	1.9	3.5	5.1
IV	558.9	527.0	595.6	560.5	2.1	5.8	8.5
V	563.8	527.0	592.8	561.2	3.0	5.8	8.0

3 结论与讨论

秸秆是农作物的重要副产品,同时也是工、农业生产的重要生产资源。众多研究表明秸秆的施用能增加土壤有机质含量、培肥地力,孙星和陈芝兰等^[9-10]的研究表明,化肥与秸秆配施可以明显提高土壤有机质含量,长期施用秸秆能够明显提高土壤有机质含量,增加土壤肥力,进而有利于土壤的可持续利用,作物秸秆富含纤维素、木质素等物质,是形成土壤有机质的主要来源。李全起等^[11]研究了秸秆覆盖和灌溉相结合条件下冬小麦—夏玉米一年两熟农田耕层土壤速效养分含量的动态变化,结果表明,秸秆覆盖可明显提高耕层土壤速效磷、速效钾的含量。宫亮和劳秀荣等^[12-13]的研究表明,秸秆还田 3 a 后的各处理土壤与单施化肥相比,施用有机物料的各处理土壤速效氮含量都明显提高,差异达到显著水平;土壤全氮含量也明显增加,无机肥配施有机物料能够增加土壤有机质含量,降低土壤容重,提高土壤田间持水量和土壤孔隙度,同时改善土壤的氮、磷、钾养分状况,从而可协调土壤水肥气热等生态条件,为根系生长创造良好的土壤环境。本试验中秸秆深层还田 3 a 后 0~20 cm 土层有机质含量提高了 1.8%~8.38%,效氮含量提高了 5.47%~14.66%,速效磷含量提高 1.33%~1.42%,速效钾含量提高了 1.77%~5.31%,20~40 cm 土层有机质含量提高了 11.94%~46.27%,速效氮含量提高了 6.15%~30.82%,速效磷含量提高 1.74%~2.98%,速效钾含量提高了 4.3%~13.98%,土壤全氮、磷、钾含量有增加趋势,但是差异不显著。

秸秆的施用对降低土壤容重、增加孔隙度有积极作用。许绣云等^[14]施用有机物料对土壤物理性质的影响试验表明,施用稻草可增加土壤总孔隙度、降低土壤容重。周凌云等^[15]在黄潮土麦田 3 a 秸秆覆盖还田试验结果表明,0~20 cm 耕层土壤容重由 1.486 g·cm⁻³下降到 1.463 g·cm⁻³,下降率为 1.5%;

本试验中秸秆深层还田 3 年后 0~20 cm 土壤容重降低了 0.75%~4.51%;20~40 cm 土层容重降低了 5.52%~13.79%;秸秆深层还田后玉米增产量有明显的增加趋势,增产量在 4.7%~8.5%之间。从本试验研究结果得出玉米秸秆深层还田能提高土壤有机质含量,改善土壤肥力状况,增加玉米产量。

参 考 文 献:

[1] 刘巽浩,王爱玲,高旺盛.实行作物秸秆还田促进农业可持续发展[J].作物杂志,1998,(5):1-5.

[2] 汪金舫,刘月娟,李本银.秸秆还田对砂姜黑土理化性质与锰锌铜有效性的影响[J].中国生态农业学报,2006,14(3):49-51.

[3] 吴 婕,朱钟麟,郑家国,等.秸秆覆盖还田对土壤理化性质及作物产量的影响[J].西南农业学报,2006,19(2):192-195.

[4] 肖伟伟,范晓晖,杨林章,等.长期施肥对黄土旱塬黑垆土有机氮和有机碳的影响[J].农业环境科学学报,2007,26(2):672-675.

[5] 张春霞,郝明德,谢佰承.长期秸秆还田对黄土旱塬区土壤肥力的影响[J].甘肃农业科技,2010,(2):18-20.

[6] 孟凡乔,吴文良,辛德惠.高产农田土壤有机质、养分的变化规律与作物产量的关系[J].植物营养与肥料学报,2000,6(4):370-374.

[7] 库丽霞,陈彦慧,越建芝,等.玉米秸秆能量指标的测定和利用研究[J].玉米科学,2004,12(1):114-118.

[8] 杨中平,郭康权,杨林青,等.玉米秸秆的综合利用技术[J].国土与自然资源研究,1997,(1):76-79.

[9] 孙 星,刘 勤,王德建,等.长期秸秆还田对土壤肥力质量的影响[J].土壤,2007,39(5):782-786.

[10] 陈芝兰,张浩平,蔡晓布,等.秸秆还田对西藏中部退化农田土壤微生物的影响[J].土壤学报,2005,42(4):696-699.

[11] 李全起,陈雨海,于舜章,等.覆盖与灌溉条件下农田耕层土壤养分含量的动态变化[J].水土保持学报,2006,20(1):37-40.

[12] 宫 亮,孙文涛,王聪翔,等.玉米秸秆还田对土壤肥力的影响[J].玉米科学,2008,16(2):122-124,130.

[13] 劳秀荣,吴子一,高燕春.长期秸秆还田改土培肥效应的研究[J].农业工程学报,2002,18(2):49-52.

[14] 许绣云,姚贤良,刘克樱,等.长期施用有机物料对红壤性水稻土的物理性质的影响[J].土壤,1996,28(2):57-61.

[15] 周凌云,周刘宗,徐梦雄.农田秸秆覆盖节水效应研究[J].生态农业研究,1996,4(3):49-52.