

文章编号: 1003-8701(2015)01-0032-05

秸秆循环还田土壤环境效应变化研究

刘武仁, 郑金玉, 罗 洋, 郑洪兵, 李瑞平, 李伟堂

(吉林省农业科学院农业资源与环境研究所, 长春 130033)

摘 要:为明确秸秆循环还田土壤环境效应变化, 筛选合理的秸秆还田方式, 于2000年设计了不同秸秆还田方式定位试验, 通过对秸秆还田后土壤理化性状分析, 结果表明各处理土壤紧实度随深度增加而增加, 在45 cm处达到最大值, 下层土壤比上层土壤紧实, 秸秆还田处理均低于现行耕法; 秸秆还田各处理三相结构合理, 特别是在20~40 cm优于现行耕法, 土壤孔隙增多, 渗透能力增强。秸秆还田各处理土壤养分明显改善, 特别是有机质含量明显增加, 与对照比较提高幅度为0.26~0.74 g/kg。

关键词: 循环农业; 秸秆; 环境效应

中图分类号: S154.4

文献标识码: A

DOI: 10.16423/j.cnki.1003-8701.2015.01.008

Studies on Soil Environment Changes of Straws Returned into Field

LIU Wu-ren, ZHENG Jin-yu, LUO Yang, ZHENG Hong-bing, LI Rui-ping, LI Wei-tang

(Research Institute of Agricultural Resources and Environment, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: In order to understand effects of straws returned into field on environmental effect of soil, a long-term located experiment about returned straws were designed since 2000 to select the best methods of straws returned into field. Soil physical and chemical properties of straws returned into field were analyzed. The results showed that soil compactions of every treatment were increased with increase of depth, the maximum is at the depth of 45cm. In addition, soil compaction of low layer was higher than upper, and treatments of straws returned into field were lower than conventional tillage. Three-phase ration of soil of 20-40cm of treatments of straws returned into field were more rational than conventional tillage. The infiltration capacity of treatment of straws returned into field was improved because of increase of porosities in soil. Moreover, soil nutrients were increased significantly, soil organic matter treatments of returning straws into field compared of conventional tillage and the range of increase were from 0.26 to 0.74 g/kg.

Keywords: Recycle agriculture; Straw; Environmental effect

玉米秸秆是吉林省第一大作物秸秆, 年产秸秆总量约为3600万t, 约占全国秸秆总量的11.8%^[1]。在发展循环农业的过程中, 农作物秸秆已经成为不可或缺的重要资源^[2], 秸秆还田或秸秆还田配施化肥有利于土壤有机质的积累^[3-4]。

然而, 在现有的秸秆利用条件下, 利用秸秆的成本较高, 经济上不合算^[5]。此外, 秸秆还田机具

不配套, 切割质量差, 影响播种质量^[6]。因此, 每年秸秆还田只有500万t, 不足秸秆总量的15%^[7], 严重影响循环农业发展进程, 制约农业循环经济的发展。

因此, 本文针对吉林省农业生产中秸秆大量剩余和秸秆焚烧现象严重等问题, 开展不同方式秸秆循环还田后土壤环境变化研究, 通过秸秆还田后土壤环境效应变化, 筛选出合理的秸秆还田方式, 为实现秸秆安全还田, 加速农业循环进程, 促进农业循环经济的发展提供技术支撑。

1 材料与方法

收稿日期: 2014-08-21

基金项目: 国家科技支撑循环农业课题(2012BAB14B05); 公益性行业专项课题(201103001-03)

作者简介: 刘武仁(1957-), 男, 研究员, 主要从事土壤耕作与耕作栽培研究。

1.1 试验地点

研究区位于范家屯镇香山村吉林省农业科学院黑土耕作农业示范基地(N 43°45', E 125°01')。该区气候属于中温带大陆性季风气候,海拔 180~220 m,年平均气温 4~6℃,≥10℃积温 2860℃·d,无霜期 140 d。常年平均降雨量 567 mm,主要集中在 6~9 月。

1.2 试验设计

定位试验始于 2000 年,设 5 个处理(表 1),采用大区试验设计,每个处理 400 m²。每公顷施 N 243 kg, P₂O₅ 92 kg, K₂O 83 kg, 磷肥、钾肥和氮肥总量的 1/4 做基肥施用,余下的 3/4 氮肥在玉米拔节前追施(6 月中下旬)。2011 年 5 月 3 日播种,9 月 28 日收获;2012 年 5 月 4 日播种,10 月 3 日收获。

表 1 试验处理简要说明

代号	处理	操作方法
CK	传统耕法	垄距 65 cm 常规种植方法,春季 4 月份旋耕灭茬,施入底肥重新打垄,倒垄种植,4 月末至 5 月初机播,6 月中下旬结合中耕追肥,10 月份收获,玉米秸秆运出田外
T1	宽窄行立茬交替休闲	宽行 90 cm 为深松带,窄行 40 cm 为苗带,春季用自主研发的免耕播种机直接播种,种子播在深松带,隔年交替休闲种植,6 月中下旬结合深松施肥,深松深度为 50 cm 蓄水保墒,秋季收获后留茬 30 cm 实现全量的 1/3 还田,三年全量还田一次
T2	粉碎还田	宽窄行立茬交替休闲+秸秆粉碎全量还田+条带深松
T3	条带覆盖	宽窄行立茬交替休闲+整株秸秆全量还田+条带深松
T4	全方位深松	宽窄行交替休闲+全方位深松

1.3 测试项目

土壤硬度测定采用 SC-900 土壤硬度仪测量,土壤硬度仪随土壤深度的变化自动计数,测量深度为 45 cm,每隔 2.5 cm 读取一个数值,水平间距 10 cm,3 次重复。

土壤养分测定参照 1999 年鲁如坤主编的《土壤农业化学分析方法》,土壤物理性状测定参照 1981 年沈阳农业大学刘孝义主编的《土壤物理及土壤改良研究法》。

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 和 SPSS 13.0 软件处理数据。显著性差异采用方差分析中的 LSD 检验,显著水平分别为 0.05 和 0.01。采用 Sigmaplot11.0 绘图。

2 结果与分析

2.1 土壤紧实性变化特征

从图 1a 中可以看出,不同处理土壤紧实度均随深度的增加呈增加的趋势,宽窄行交替休闲种

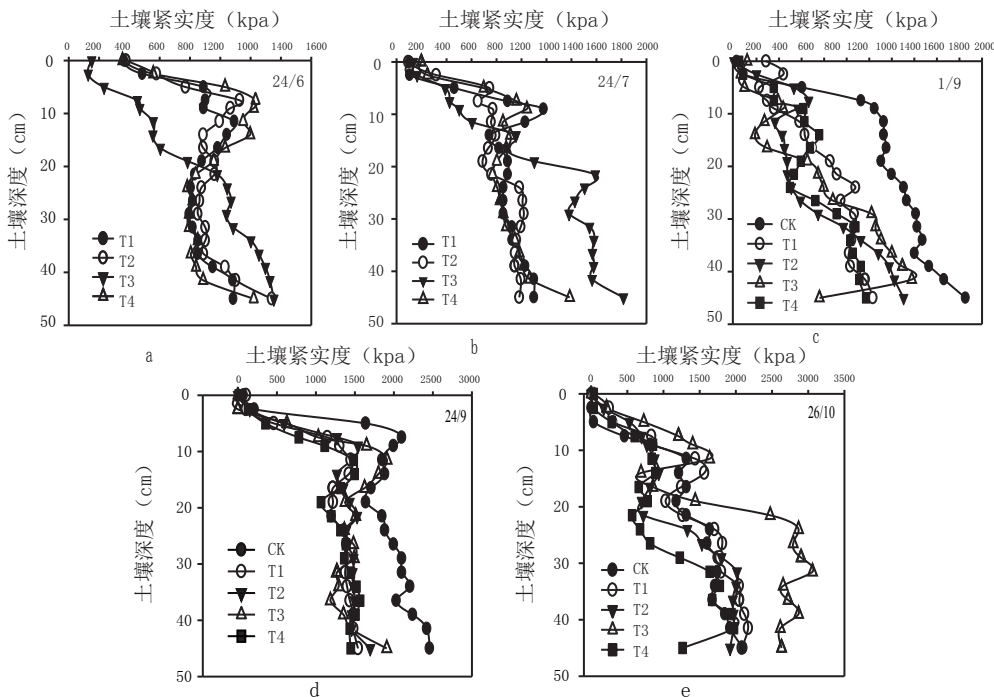


图 1 秸秆循环还田土壤紧实性变化特征

植、粉碎还田和立茬覆盖3种模式下土壤紧实度随深度呈“S”型曲线变化。0~25 cm的耕层,宽窄行交替休闲、粉碎还田和全方位深松模式下土壤紧实度增加幅度较大,粉碎还田和全方位深松的土壤紧实度分别在耕层7.5 cm出现第一个最大值分别为1127.00 kpa和1132.00 kpa,宽窄行交替休闲在11.5 cm出现第一个高值为1092.00 kpa。耕层2.5 cm以下,宽窄行交替休闲、粉碎还田和全方位深松模式下土壤紧实度变化趋于平缓,而条带覆盖呈下降趋势,4种处理下的土壤紧实度随着耕层的加深,土壤硬度增加,均在45 cm耕层达到最大值,说明下层土壤比上层土壤要紧实。

由图1b可见,不同处理下土壤紧实度随着土壤深度的增加而增加,宽窄行交替休闲、粉碎还田和全方位深松3个处理的土壤硬度差异不显著,而条带覆盖与其相比较变化较大,特别在耕层45 cm左右土壤紧实度达到1386.00 kpa,分别比宽窄行交替休闲、粉碎还田和全方位深松增加了107.54%、84.92%和31.02%。

从图1c~e中可以看出,生育后期土壤紧实度随耕层深度的增加表现趋势与生育前期一致。出苗后107 d(图1c)和131 d(图1d)土壤紧实度测定

结果可以看出,均匀垄耕作模式的土壤紧实度明显高于宽窄行交替休闲、粉碎还田、条带覆盖和全方位深松4个处理,达到显著水平,而宽窄行交替休闲、粉碎还田和条带覆盖趋势一致,差别不明显。出苗后157 d(图1e),玉米收获后,对5个处理的土壤紧实度测定结果表明,每个处理的土壤紧实度随耕层的增加而增加,均在耕层45 cm左右达到最大值,从图中明显可以看出,条带覆盖明显高于均匀垄和其他3种秸秆还田方式处理。

2.2 土壤固相、液相和气相变化特征

各处理间土壤三相比的影响差异不大,但和对照比较有明显的差异。由表2可见0~20 cm、20~40 cm深土壤三相现行耕法分别为1:0.41:0.56和1:0.49:0.39,高茬还田分别为1:0.6:0.56和1:0.66:0.87,粉碎还田分别为1:0.52:0.55和1:0.6:0.83,覆盖还田分别为1:0.56:0.53和1:0.7:0.84,全方位深松分别为1:0.52:0.51和1:0.62:0.87。各处理间土壤三相比的变化差异不明显,和对照比差异主要是通过机械深松40~50 cm,打破了土壤18~20 cm的犁底层,相对来说0~20 cm、20~40 cm深的土壤各处理的三相比都较为适宜。

表2 秸秆循环还田土壤三相比变化

处理	气相(%)		固相(%)		液相(%)		固:液:气	
	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm
现行耕法(CK)	28.2	20.6	50.8	53.4	21.0	26.0	1:0.41:0.56	1:0.49:0.39
高茬还田	26.0	34.0	46.3	39.7	22.7	26.3	1:0.6:0.56	1:0.66:0.87
粉碎还田	26.5	34.9	48.5	40.7	25.0	24.4	1:0.52:0.55	1:0.6:0.85
覆盖还田	25.6	33.2	47.5	39.4	26.9	27.4	1:0.56:0.53	1:0.7:0.84
全方位深松	25.1	34.5	49.2	40.3	25.7	25.2	1:0.52:0.51	1:0.62:0.87

2.3 对土壤物理性状的影响

表3可见,秸秆循环还田对土壤的物理性状有一定的影响。高茬还田、粉碎还田、覆盖还田、全方位深松与对照(现行耕法)比较:土壤比重0~20 cm分别降低了0.0188 g/cm³、0.0279 g/cm³、0.0375 g/cm³、0.0287 g/cm³,20~40 cm土壤除覆盖还田增加0.0034 g/cm³外,其余分别降低了0.0524 g/cm³、0.0428 g/cm³、0.0160 g/cm³。土壤比重降低说明秸秆直接循环还田的土壤肥力和土壤质量都好于对照现行耕法;土壤容重0~20 cm粉碎还田比对照低0.051 g/cm³,其余处理都略高于对照,20~40 cm各处理都低于对照,原因是通过机械深松打破了犁底层,深松深度40~45 cm,深松幅宽50 cm,造成

了土壤表面较紧实,下部土壤较松,有利于作物生长;土壤孔隙中的毛管孔隙0~20 cm粉碎还田较对照低0.63%,其余处理都比对照高,20~40 cm土壤毛管孔隙都比对照低,通气孔隙20~40 cm各处理都高于对照;田间持水量20~40 cm除高茬还田低于对照外,其余各处理都高于对照,自然含水量0~20 cm的各处理都高于对照,20~40 cm的全方位深松较对照高0.76%,其余各处理都低于对照;从表5中的渗透系数、土壤孔隙、土壤水分状况分析,与对照比0~20 cm土壤渗透系数大,毛管孔隙多,自然含水率高,20~40 cm土壤渗透系数大,通气孔隙多。说明经过机械深松后的土壤,表层上实,深层下虚,表层实减少水分蒸发,深层虚蓄水保墒。除对

照外各处理间的物理性状虽然没有明显的差异,但综合分析,高茬还田的土壤物理性状较为适宜。

2.4 对土壤养分变化的影响

从不同秸秆还田方式对土壤化学性状的影响来看(表4),土壤全氮和水解性氮都较对照有所降低,其中全氮降低最明显的是立茬还田处理,说明秸秆还田条件下秸秆腐解需要消耗土壤中的氮。从全磷和有效磷来看,秸秆还田后大多数处

理较对照呈增加趋势,立茬还田有效磷高于对照22.6%,只有条带还田全磷低于对照,条带还田和粉碎还田处理有效磷低于对照,但是差异不明显。从全钾和有效钾来看,所有秸秆还田处理较对照高,达到显著或极显著差异水平。秸秆还田后所有处理有机质含量较常规耕作高,立茬还田有机质较对照高22.6%,达到极显著差异水平。从pH值来看,秸秆还田后土壤pH值呈上升趋势。

表3 秸秆循环还田条件下土壤物理性状变化

处理	比重 (g/cm ³)		容重 (g/cm ³)		渗透系数 (mm/min)		土壤孔隙(%)				土壤水分状况(%)					
							总孔隙		毛管孔隙		通气孔隙		田间持水量		自然含水量	
	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm
现行耕法(CK)	2.6390	2.6302	1.006	1.187	4.02	0.77	61.56	54.1	27.77	32.74	33.79	21.37	27.6	27.3	20.87	24.69
高茬还田	2.6202	2.5778	1.212	1.143	2.61	2.44	53.74	55.66	33.84	28.94	19.90	26.72	27.92	25.43	22.85	23.01
比较	-0.0188	-0.0524	+0.206	-0.044	-1.41	+1.67	-7.82	+1.56	+6.14	-3.80	-13.89	+5.35	+0.32	-1.87	+1.98	-1.68
粉碎还田	2.6111	2.5874	0.955	1.027	7.88	3.89	63.42	60.31	27.14	29.74	36.29	30.57	28.42	28.96	25.13	23.76
比较	-0.0279	-0.0428	-0.051	-0.160	+3.86	+3.12	+1.86	+6.21	-0.63	-3.00	+2.50	+9.20	+0.82	+1.66	+4.26	-0.93
覆盖还田	2.6015	2.6336	1.035	1.117	5.70	7.11	60.22	57.59	28.44	30.64	31.78	26.95	27.48	27.43	23.09	24.53
比较	-0.0375	+0.0034	+0.029	-0.070	+1.68	+6.34	-1.34	+3.49	+0.67	-2.10	-2.01	+5.58	-0.12	+0.13	+2.22	-0.16
全方位深松	2.6103	2.6142	1.370	1.108	6.43	3.93	47.52	57.62	36.54	31.64	10.98	25.98	26.67	28.56	22.04	25.45
比较	-0.0287	-0.016	+0.364	-0.079	+2.41	+3.16	-14.04	+3.52	+8.77	-1.10	-22.81	+4.61	-0.93	+1.26	+1.17	+0.76

表4 秸秆循环还田土壤养分变化

处理	全氮(%)	全磷(%)	全钾(%)	水解性氮(mg/kg)	有效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)	有机质(%)	pH
立茬还田	0.1707	0.0775	2.78	153.19	67.61	206.38	3.36	5.58
条带覆盖	0.1727	0.0661	2.52	152.51	52.07	188.68	3.00	5.53
粉碎还田	0.1865	0.0693	2.77	167.98	54.31	198.57	3.60	5.88
全方位深松	0.1931	0.0749	2.43	153.89	56.35	191.23	3.22	6.12
常规耕作	0.1941	0.0691	2.31	175.31	55.15	188.65	2.74	5.36

3 讨论与结论

土壤物理性质是由物理力量引起的土壤特性,是土壤肥力的综合指标,可以反映土壤质地、结构以及土壤松紧度等物理性质^[8]。秸秆还田后可以改善土壤物理性质^[9]。劳秀荣^[10]研究认为不同秸秆还田处理土壤容重降低0.09~0.19 g/cm³;土壤比重增加19.82%~29.49%;土壤总孔隙度增加18.23%~22.26%。本文研究表明,秸秆循环还田后,土壤物理性状得到改善,具体表现为土壤紧实性和容重降低,土壤三相趋于合理,特别在20~40 cm表现尤为明显,土壤含水量明显高于

现行耕法,渗透能力增强,土壤孔隙增多,土壤库容增大,缓冲能力增强,原因是秸秆还田结合深松打破犁底层,改善土壤结构,创造良好的土壤环境;此外,秸秆覆盖地表,减少地表径流,降低表土蒸发,对土壤物理性状也有一定的调控作用,这与前人研究结果基本一致^[11]。

国内外的研究表明,秸秆还田后土壤有机质和养分量明显增加,尤以表层差异显著^[12-13]。土壤有机质在土壤肥力和植物营养中具有重要作用。赵林萍^[14]通过长期定位试验研究认为,秸秆还田可以增加土壤有机质,起到培肥土壤的作用,但增长速度很慢。秸秆还田后土壤中氮、磷、

钾养分含量都有增加,其中钾素增加最为明显。笔者通过多年定位试验研究得出,秸秆还田后土壤养分得到提高,有机质含量明显增加,与对照比较提高0.26~0.74 g/kg,磷钾均有增加趋势,这与前人研究结果基本一致,但氮素含量与现行耕法比较呈下降趋势,这与前人研究结论存在差异,笔者认为秸秆腐解过程中消耗一部分氮素,导致土壤氮素短期下降,如果长期实施秸秆还田,是否会由于秸秆自身含有氮素的归还弥补腐解过程中对氮素的消耗,有待进一步研究验证。

参考文献:

- [1] 钟华平,岳燕珍,樊江文.中国作物秸秆资源及其利用[J].资源科学,2003,25(4):62-67.
- [2] 龚振平,杨悦乾.作物秸秆还田技术与机具(第1版)[M].北京:中国农业出版社,2012:39-40.
- [3] 孟磊,蔡祖聪,丁维新.长期施肥对土壤碳储量和作物固定碳的影响[J].土壤学报,2005,42(5):771-776.
- [4] 金峰,杨浩,赵其国.土壤有机碳储量及影响因素研究进展[J].土壤,2000,32(1):11-17.
- [5] 陈新锋.对我国农村焚烧秸秆污染及其治理的经济学分析[J].中国农村经济,2001(2):47-52.
- [6] 李少昆,王克如,冯聚凯,等.玉米秸秆还田与不同耕作方式下影响小麦出苗的因素[J].作物学报,2006,32(3):463-465.
- [7] 朴香兰.吉林省农作物秸秆资源的现状及综合利用[J].延边大学农学报,2003,25(1):60-64.
- [8] 黄昌勇.土壤学[M].北京:中国农业出版社,2000:242-243.
- [9] 徐晓波,徐向东,褚秋华,等.不同投肥对作物产量及土壤肥力的影响[J].土壤,1999(4):220-223.
- [10] 劳秀荣,吴子一.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.
- [11] 李新举,张志国,李贻学,等.秸秆覆盖对盐渍土水分状况的影响[J].山东农业大学学报,1999,30(4):398-403.
- [12] Sommerfeldt T G, Chang G, Entz T. Long-term annual applications increase soil organic matter and nitrogen and decrease carbon to nitrogen ration[J]. Soil Science Society of America Journal,1988,52(6):1668-1672.
- [13] 袁家富.麦田秸秆覆盖节水效应研究[J].生态农业研究,2001,4(3):61-65.
- [14] 赵林萍.中国种植大观(肥料卷)[M].北京:中国农业科学技术出版社,2001:27-28.

(上接第31页)

3 结论与讨论

荞麦的生长受气候条件和种植密度的影响,密度的大小对荞麦产量具有一定的影响,选择适宜的播种密度可以显著提高荞麦单位面积产量。前人主要对不同播期对荞麦的结实率做了报道^[10],而从种植密度及落粒性的研究尚未报道。

本研究表明,荞麦的种植密度在30万株/hm²时最适宜。在密度为30万~38万株/hm²之间,随着密度的增加,荞麦的茎秆干重、总粒重和结实率呈递增趋势,在38万株/hm²时达到最大值,然而随密度的增加,株间竞争加剧,荞麦光合作用受到抑制,光合产物积累与分配不协调,部分籽粒由于接收营养物质不足而脱落,从而导致落粒率呈上升趋势。从降低荞麦落粒率角度看,荞麦的适宜密度应该在30万株/hm²。

参考文献:

- [1] 黄金鹏,汪本福,梅新.荞麦种植新技术[M].武汉:湖北科学技术出版社,2011.
- [2] 刘仁杰,卢丞文,郭志军,等.不同生长期荞麦苗中总黄酮含量的变化研究[J].吉林农业科学,2007,32(6):58-60.
- [3] 向达兵,彭镰心,赵钢,等.荞麦栽培研究进展[J].作物杂志,2013(3):1-6.
- [4] 吴燕,衣杰.不同播期对荞麦产量因素的影响[J].杂粮作物,2004,24(2):124-125.
- [5] 李静,刘学仪,向达兵,等.不同播期对荞麦生长发育及产量的影响[J].河南农业科学,2013,42(10):15-18.
- [6] 赵永峰,穆兰海,常克勤,等.不同栽培密度与N、P、K配比精确施肥对荞麦产量的影响[J].内蒙古农业科技,2010(4):61-62.
- [7] 向达兵,李静,范昱,等.种植密度对苦荞麦抗倒伏特性及产量的影响[J].中国农学通报,2014,30(6):242-247.
- [8] 王慧,杨媛,杨明君,等.不同种植密度对晋荞麦6号产量及构成因素的影响[J].山西农业科学,2013,41(6):572-574.
- [9] 王迎春,鞠桂清,谢建红,等.荞麦的密度和籽粒产量相关研究[J].江苏农业科学,1995(5):19-20.
- [10] 牛一川,康辉,王兰芳,等.荞麦种植密度试验[J].甘肃农业科技,1989(11):25-28.
- [11] 高卿,张永伟,林团荣.播种期对荞麦结实率及产量的影响[J].内蒙古农业科技,2012(3):28-29.