

玉米秸秆整株全量还田土壤理化性状的变化 及其对后茬小麦生长的影响

马永良 师宏奎 张书奎 吕润海

(中国农业大学 曲周实验站, 河北 曲周 057250)

摘要 随着农业生产条件的不断改善,作物产量大幅度提高,同时作物秸秆也成倍增加,特别是玉米秸秆,茎秆高大,处理困难,未能很好处理利用,大部分被农民弃之焚烧,造成严重环境污染,成为一大公害。实行秸秆还田是减少环境污染,培肥地力促进农业生产持续发展的有效途径。本文通过对玉米秸秆连续3年整株还田和粉碎还田试验研究,结果表明:玉米秸秆整株还田可以有效促进土壤理化性状改善,使土壤有机质年递增0.033%,0~10 cm表层土壤容重降低0.17~0.25 g, 1~0.05 mm的大团粒增加20%左右,使后茬小麦增产10%。

关键词 玉米秸秆;整株还田

中图分类号 S157.4

文章编号 1007-4333(2003)S0-0042-05

文献标识码 A

Whole maize straw addition: the changes of soil physical and chemical properties and the effect on winter wheat

Ma Yongliang, Shi Hongkui, Zhang Shukui, Lü Runhai

(Quzhou Experimental Station, China Agricultural University, Quzhou, Hebei Province, China)

Abstract The improvement of agricultural production condition results in great increases of both grain yield and straw. However, crop straw, in particular maize straw, has been either abandoned or burned burnt by farmers, which bring serious environmental pollution. To solve this problem, series experiments were set up in Quzhou. The whole maize straw was either directly amended or crushed and then amended to the soils. Three years' results showed that the whole maize straw amendment effectively improved the soil physical and chemical properties. Soil organic matter annually increased by 0.033%. Soil bulk density of 0~10 cm decreased by 0.17~0.25 g cm⁻³. Big soil aggregates of 1~0.05 cm increased by about 20%. Winter wheat yield increased by 10%. The whole straw addition to the soil was showed to be an effective means which saved time, labors and money.

Key words maize straw; pruning return field

作物秸秆是农作物的重要副产品,我国每年农作物秸秆产量达6.2亿t之多,其中玉米秸秆数量占60%~70%,如此之多的作物秸秆,每年只有20%~30%被利用^[1],其主要原因是没有给秸秆找到一条有效的利用途径。

秸秆作为一种资源,主要有几方面的用途:饲料、燃料、肥料和部分轻工原料。由于农区养殖业不发达,饲料利用较少;工业原料利用也很有限,加之近几年随着经济的快速增长,农村的柴灶基本取消,不再用秸秆做燃料,大部分秸秆的利用途径是作为肥料还田,这对培肥地力,促进农业生产持续发展有积极意义。对于秸秆还田这一有效措施,农民早有认识,但难以全面推广,关键是没有一个简便易行、省工、省力的还田方法。特别是玉米秸秆,秆壁坚

硬,植株较高,生物量大,难以还田。传统的堆沤腐熟还田方法,因费时,费力,还田效率低,难以推广;机械粉碎还田,作业费用高,农民使用的积极性不高;所以大部分玉米秸秆不能利用还田,而弃之于路边地头,付之一炬。为此,我们针对以上玉米秸秆还田中的问题,进行了玉米秸秆整株还田的试验研究,并对秸秆还田后的土壤养分、水分变化及其对后茬小麦生长的影响进行了深入研究。

1 材料与方 法

玉米摘穗后,根茬平均含水量为62%,茎为54%,叶为85%。其平均单株鲜重为450g,平均单株风干重为135g。玉米种植密度60000株·hm⁻²,全部还田时,秸秆还田量连根茬一起鲜重为27000

收稿日期:2003-10-08

作者简介:马永良,教授,主要从事区域综合治理研究。

kg hm^{-2} , 干重为 $8\ 100\ \text{kg hm}^{-2}$ 。

试验地土壤有机质含量为: 0~15 cm 1.02%, 15~30 cm 1.00% 试验采用随机区组排列的方法, 共设 3 个处理、3 次重复(小区面积为 $6\ \text{m} \times 20\ \text{m} = 120\ \text{m}^2$)

处理 1 整株翻压还田(整翻),

处理 2 机械粉碎还田(粉碎),

处理 3 清茬处理(除根茬外, 地上部茎秆全部清出田外)。

其他施肥等管理措施一致

注: 秸秆粉碎长度为 5~10 cm。试验结果为 1999-10—2002-10 的数据。

2 结果与分析

2.1 土壤有机质变化

表 1 土壤有机质含量变化情况

Table 1 Change of soil organic matter content in different treatment %

深度	日期	整翻	粉碎	清茬
0~15 cm	1999-09-28	1.02	1.02	1.02
	2001-10-06	1.22	1.28	1.10
	2002-09-27	1.31	1.32	1.15
	比试验前 ±	0.29	0.30	0.13
	3年平均 ±	0.097	0.100	0.043
15~30 cm	1999-09-28	1.01	1.01	1.01
	2001-10-06	1.22	1.19	1.09
	2002-09-27	1.23	1.21	1.11
	比试验前 ±	0.22	0.20	0.10
	3年平均 ±	0.073	0.067	0.033

试验各处理土壤有机质含量变化见表 1(所得数据为 3 个重复的平均值)。经过连续 3 年秸秆还田, 0~15 cm 土层处理 1 与处理 2 的有机质含量比试验前分别增加了 0.29% 和 0.30%, 年平均增加 0.097% 和 0.10%; 15~30 cm 土层则相应增加了 0.22% 和 0.20%, 平均年增加 0.073% 和 0.067%; 处理 3 虽将地上部玉米秸秆全部清出田外, 但还有根茬和部分落叶留在土壤内, 另外麦收后的小麦秸秆也留在了土壤内, 所以其有机质含量也有所增加, 但增加幅度只有 0.04% 左右, 远不如秸秆还田增加幅度大; 整株还田与粉碎相比, 其年增加量无明显差异, 3 年平均增加都在 0.10% 左右。

另外, 试验进行 2 年后到 2001-10 测定 0~30 cm 的土壤腐殖质, 整翻还田为 0.149%, 粉碎还田为

0.142%, 清茬处理只有 0.101%, 2002-10 再次测定土壤腐殖质含量结果为: 整翻 0.159%, 粉碎 0.152%, 清茬只有 0.094%。由此看出, 无论整翻还田还是粉碎还田, 都能使土壤腐殖质含量逐年增高, 整翻还田与粉碎还田相比, 腐殖质的积累更多, 而清茬的土壤腐殖质却有下降的趋势。这表明要保持土壤碳素平衡逐年提高土壤肥力, 必须每年有大量秸秆还田, 单靠作物根茬补充到土壤中的有机物质, 还不能保证土壤肥力平衡。

2.2 不同秸秆还田方式对土壤全氮的影响

各处理对全 N 的影响见表 2, 试验连续进行了 3 年, 土壤全氮随着年限的增长各处理都有不同程度的增长, 为土壤肥力的提高奠定了基础, 到 2002 年, 整翻处理与粉碎处理的全氮平均值达到了 0.094% 和 0.096%, 分别比清茬处理的 0.075% 增加了 25.3% 和 28.0%。整株处理比粉碎处理的土壤全 N 含量略低, 但差别很小。

表 2 土壤全氮测定结果

Table 2 The soil total nitrogen content of different treatment %

时间	整翻	粉碎	清茬
1999-09-28	0.072	0.072	0.072
2001-10-9	0.095	0.091	0.079
2002-9-27	0.094	0.096	0.075

2.3 不同还田方式对土壤微团聚结构的影响

秸秆还田对土壤团聚结构影响见表 3, 在粒径小于 1 mm 的微团聚体中, 1~0.01 mm 和 1~0.05 mm 的微团聚体, 清茬处理分别为 74.34% 和 13.25% 都低于秸秆整株或粉碎还田处理, 整株还田和粉碎还田 1~0.01 mm 的微团聚体分别为 80.59% 和 80.07%, 1~0.05 mm 整株还田和粉碎还田的微团聚体分别为 16.07% 和 15.52%, 差异不明显。而且都是 0.05~0.01 mm 的微团聚体含量占大多数, 达到了 64% 以上。这说明秸秆还田对促进大团聚体形成有一定作用。

2.4 秸秆还田对土壤容重的影响

土壤容重也是反映土壤结构好坏的重要标志, 表 4 是连续秸秆还田 3 年后的土壤容重测定结果, 从中可以看出, 0~20 cm 的表层土壤秸秆整株还田与粉碎还田处理之间差异不明显, 但都显著低于清茬处理, 进一步说明秸秆还田增加了土壤孔隙度, 起到了改善土壤结构的重要作用。

表3 微团聚体结构组成情况

Table 3 The composition of soil granular structure for different treatment

处理	粒径/mm							
	1~0.25	0.25~0.05	0.05~0.01	0.01~0.005	0.005~0.001	<0.001	1~0.05	1~0.01
整株	0.93	15.14	64.52	8.74	6.77	2.30	16.07	80.59
粉碎	0.96	14.56	64.55	9.27	7.53	2.13	15.52	80.07
清茬	0.70	12.55	61.09	9.00	9.88	5.41	13.25	74.34

表4 玉米秸秆还田后土壤容重测定结果

Table 4 The soil bulk density of different treatment

处理	/(g·cm ⁻³)		
	整翻	粉碎	清茬
0~10 cm	1.308	1.387	1.557
10~20 cm	1.543	1.568	1.658
20~30 cm	1.554	1.501	1.631

2.5 不同还田方式对土壤含水量的影响

有机物质的生物降解过程,几乎都是在有水参与下进行的。存在于土壤中的秸秆有机物在腐解过程中必须吸收和消耗大量的水分,对土壤水分的消耗程度决定于秸秆腐解所处阶段及分解强度^[2]。那么大量玉米秸秆整株还田与粉碎还田对土壤水分

的消耗情况如何,通过对土壤分层分期的水分测定结果(表5)可以看出:从小麦播种后到返青(03-14)前,清茬处理的土壤含水量要高于整株还田和粉碎还田处理,这一阶段是土壤中的秸秆分解的旺盛时期,需水量较大,无论是0~10 cm还是10~20 cm各层土壤水分,秸秆整株或粉碎还田都比清茬处理低1~4个百分点,04-15以后,到秸秆分解后期,易分解部分已消耗殆尽,腐解过程中吸收的土壤水分也逐渐释放到土壤中,而且尚未分解的茎秆能形成一个不完全的隔墙层,一定程度上阻止了水分蒸发,起到了保墒作用,所以整翻与粉碎处理的土壤含水量要明显高于清茬处理。

表5 不同处理土壤含水量

Table 5 Soil water content of different treatments

处理	2001-10-24	2001-12-07	2002-03-14	2002-04-15	2002-06-09	2002-09-27
整翻 0~10 cm	16.5	13.5	8.0	8.5	8.3	11.0
10~20 cm	16.8	14.0	10.3	10.0	10.1	10.9
粉碎 0~10 cm	16.0	12.0	7.5	10.8	8.9	10.9
10~20 cm	15.5	14.5	12.0	12.5	11.5	11.0
清茬 0~10 cm	17.5	14.5	11.5	8.0	7.0	7.6
10~20 cm	18.5	16.5	13.3	9.8	7.5	7.6

玉米秸秆整株还田与粉碎还田相比,需水趋势基本一致,但从0~10 cm表层土壤水分比较看出(表6),粉碎处理前期秸秆腐解速度快,吸水较多,土壤水分低于整株还田处理;从04-15、06-09两次测定结果看,由于粉碎处理腐解快,水分释放早,其土壤水分高于整株还田处理,随着时间的推移整株还田的秸秆也基本完全腐解,吸收到秸秆中的水分也逐渐释放到了土壤中,到09-27测定,整株还田和粉碎还田处理的土壤水分含量基本趋于一致。

土壤中的秸秆在腐解过程中吸收了大量水分,通过测定含水量发现(表6),大部分仍以水的形式存在于玉米茎秆的海绵体孔隙中,而且随着时间的推移,秸秆逐渐被腐解,土壤中残存的秸秆越来越少,秸秆中持有的水量也越来越少。从秸秆的含水率看出,持水量可以是自身重量的1~2倍;每次测

定的秸秆含水率不同是由于降雨或灌水等造成的,但是整株还田与粉碎还田相比,整株还田秸秆的含水量和秸秆的含水率都高于粉碎还田。到9月底测定由于2处理的秸秆都已分解完,所含水分也基本一致。

正是由于玉米秸秆在旺盛的分解前期,需要吸收大量的水分^[1,2],会误认为此时秸秆从土壤中吸取大量水分,导致土壤中水分缺失,从而得出玉米秸秆还田不能在缺少灌溉条件的干旱、半干旱地区大量采用的结论。但此时恰恰忽略了一个重要方面,即用于还田的秸秆本身所含的大量水分和吸收的土壤水分仍以水分的形态存留在秸秆体中,随着秸秆的不断分解逐步释放出来,在作物根系吸力的作用下被吸收利用,增强了土壤的保水能力,不会使作物生长受到影响。如果将土壤中秸秆含水量与土壤含

表 6 单位体积(15 dm³)土壤中秸秆含水量测定结果

Table 6 The determination result of the water content of the straw per unit volume soil (15 dm³)

处理	2001-12-07		2002-03-14		2002-04-27		2002-06-10		2002-07-04		2002-09-27	
	含水量/ g	含水/ %	含水量/ g	含水/ %	含水量/ g	含水/ %	含水量/ g	含水/ %	含水量/ g	含水/ %	含水量/ g	含水/ %
整翻	190.1	137.8	102.2	201.5	77.3	114.3	50.3	145.7	49.5	107.4	10.7	143.2
粉碎	139.1	104.1	74.1	153.7	40.5	139.6	32.5	78.9	24.1	134.3	7.6	184.1

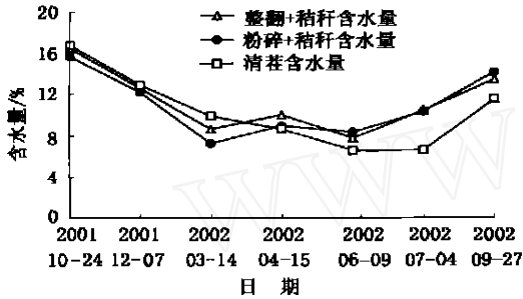


图 1 土壤 + 秸秆总含水量情况

Fig. 1 Water content of soil plus + straw of different treatments

水量共同计算,(秸秆含水量 + 土壤含水量称总含水量)与清茬处理土壤含水量比较,如图 1 所示,可以明显的看出,无论整翻或粉碎处理的总含水量在前期与清茬基本一致,而后期则显著高于清茬处理总含水量。

2.6 玉米秸秆整株还田对冬小麦生长及产量的影响

2.6.1 对冬小麦生长的影响 玉米秸秆还田连续进行 3 年,其对后茬小麦生长的影响如何,分别于返青(03-14)、拔节(04-11)、蜡熟(05-23)期取样 15 株进行考苗,对其株高、单株茎数、次生根条数、单株生物量进行分析比较,结果见表 7。所测结果看出,玉米秸秆还田处理的株高前期在数值上差异不明显,

表 7 后茬小麦株高、次生根、单株茎数测定结果

Table 7 The wheat height and secondary root and stem per plant for each treatment

时间	项目	整翻	粉碎	清茬
2002-03-14	株高/cm	22.9	23.0	20.9
	次生根/条	9.8	10.6	10.0
	单株茎数	8.13	8.26	7.83
	单株生物量/g	0.83	0.87	0.74
2002-04-11	株高/cm	65.1	65.1	65.6
	次生根/条	15.8	16.6	13.1
	单株茎数	5.06	5.13	4.93
	单株生物量/g	3.79	3.81	3.84
2002-05-23	株高/cm	85.7	86.2	80.5
	次生根/条	24.4	23.2	18.8
	单株茎数	2.20	1.93	1.80
	单株生物量/g	7.37	7.41	6.42

到拔节期由于追肥灌水原因使 3 个处理的株高都趋于一致,但到后期秸秆还田处理,超过清茬处理 5 cm 而整株还田与粉碎还田之间只差 0.5 cm,差异不明显;次生根数随着生育期延迟,处理间差距逐渐加大,秸秆还田比清茬处理单株次生根多 5 条,整株还田与粉碎还田处理间差异不明显;单株茎数反映了小麦的分蘖多少,从表中可以看出,在各个生育期,清茬处理的单株茎数都低于秸秆还田处理;3 个生育时期测定的小麦单株生物量结果与株高表现趋势一致,前期处理间差异不大,05-23 的测定结果显示,秸秆还田处理比清茬单株干物重多 1 g 左右,整株与粉碎处理间无差异。

2.6.2 冬小麦增产效果 作物产量是一个系统管理水平与土壤生产力的综合反映,也是农业持续发展的重要评价指标。秸秆还田因其具有上述良好的土壤效应、生物效应,因此本试验各种项目的测定结果都表明秸秆还田能够促进作物生长,提高作物产量。表 8 为本试验冬小麦产量性状比较及产量情况,由此看出玉米秸秆还田后,冬小麦产量比清茬对照增加了近 10%。

表 8 2000—2002 年小麦平均产量性状的显著性检验

Table 8 The significant test of the properties of wheat average yield for 2000—2002

处理	整株	粉碎	清茬
小穗数	12.3 a	12.6 a	10.4 b
穗粒数	24.6 a	18.6 b	17.5 c
千粒重	31.2 a	32.0 a	32.5 a
产量	6 811.0 A	6 885.0 A	6 270.0 B

注:产量单位:kg·hm⁻²,千粒重:g

由表 8 分析 3 年平均的小麦小穗数、穗粒数和千粒重产量三要素以及产量结果,秸秆还田有助于促进这些产量性状的形成提高小麦产量。整翻处理和粉碎处理的穗粒数、小穗数均比清茬处理的要多,但清茬处理的千粒重却高于整翻处理和粉碎处理,原因可能是其穗数和粒数少有关。

通过方差分析表明,整翻处理和粉碎处理的产量与清茬处理差异极显著,分别为 6 811.0 kg·

hm^{-2} 、6 885.0 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、6 270.0 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,增产幅度近 10%。整翻处理与粉碎处理之间产量接近,差异不显著。

2.7 秸秆整株翻压还田的技术经济效益分析

秸秆整株还田不但可以增加土壤有机物质,提高作物产量,还可以节省作业费用,提高劳动效率和机械使用效率。是一项具有重大经济效益和社会效益的新技术。

据统计测算,传统的人畜力秸秆堆沤还田作业费用,每亩为 54.5 元(包括了人畜力等),机械粉碎还田作业费用为 20~30 元/亩,机械整株翻压还田是在土地耕翻的同时将秸秆翻入土壤,只增加了轧倒或踩倒的费用 3~5 元,所以,较传统堆沤秸秆还田相比,整株还田作业费用每亩可节约 49.5~51.5 元;与机械粉碎还田相比,整株还田每亩可节省作业费用 15~25 元,而且整株翻压还田减少了粉碎作业工序,节省时间,争取了农时,为小麦适时播种提供了保证。

3 小 结

通过对玉米秸秆整株翻压还田和粉碎还田的分析比较结果表明:

1) 无论玉米秸秆整株还田还是粉碎还田,与没有秸秆的清茬处理比较,0~30 cm 耕层土壤有机质和腐殖质都明显提高,秸秆还田三年有机质含量增加了 0.1%左右,年均递增 0.033%,与张振江等秸秆还田试验结果趋势一致^[3~7]。另外,土壤氮素含量也明显高于清茬处理,而整株还田与粉碎还田之间无明显差异。

2) 秸秆还田降低了土壤容重,促进了大团粒结构的形成,增加了土壤孔隙度,0~10 cm 表层土壤容重比清茬处理降低 0.17~0.25 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$,1~0.05 mm 的大团粒比清茬处理增加 20%左右,有效改善了土壤结构。

3) 无论整株或粉碎的大量玉米秸秆还田后,在

分解前期(小麦返青期前)需要从土壤中吸收大量水分用于秸秆分解,测定其土壤水分含量低于无秸秆还田的清茬处理,但到小麦拔节后,随着秸秆的不断腐解,吸收到秸秆中的水分,逐渐释放到土壤中,同时由于秸秆还田土壤有机质的提高和结构的改善,增强了土壤保水能力,使秸秆还田处理的土壤含水量明显高于清茬处理。这说明大量秸秆还田不会影响后茬作物对土壤水分的需求,相反能够提高土壤的保水能力,是一项有效的抗旱措施。

4) 无论玉米秸秆整株还田或粉碎还田,都能促进后茬小麦生长,显著提高小麦产量,整株还田和粉碎还田与清茬处理比,3 年平均每公顷分别增产 541 kg 和 615 kg,增产幅度近 10%。整株还田和粉碎还田之间无明显差异。

5) 玉米秸秆整株还田与粉碎还田比较,整株还田每公顷可节省作业费用 225~375 元,而且整株翻压还田减少了粉碎作业工序,节省时间,争取了农时,为小麦适时播种提供了保证。

参 考 文 献

- [1] 刘巽浩,高旺盛,朱文珊. 秸秆还田的机理与技术模式[J]. 北京:中国农业出版社,2001
- [2] 汤树德,王风书著. 秸秆还田原理及其应用[M]. 北京:北京农业大学出版社,1993,1~5,47~53,97~101,130~131,189~191
- [3] 张振江. 有机肥和化肥单施及配合施用对培肥地力增产效应的研究[J]. 黑龙江农业科学,1985,5
- [4] 况凌生. 麦秆还田对提高土壤肥力效应的研究[J]. 土壤肥料,1986,(2):16~30
- [5] 彭祖厚. 秸秆还田在培肥地力中的作用[J]. 土壤肥料,1988,24(3):113~115
- [6] 林葆. 长期施肥的作物产量和土壤肥力的变化[M]. 北京:中国农业科技出版社,1996
- [7] 袁玲,等. 长期施用有机肥和化肥对土壤有机质和氮素的影响[J]. 西南农业大学学报,1997,15(4):314~317
- [8] 汪炎炳. 秸秆还田培肥改土试验研究[J]. 土壤通报,1991,22(4):171~175