

秸秆直接还田对作物产量与土壤性质的影响

曾广骥 付尚志 柳英范 金平

(黑龙江省农科院土肥所)

张喜荣

(大庆市牧工商联合公司试验站)

赵国发

(林口县种畜场)

一、引言

我省土地资源非常丰富,开发较晚,土壤肥力较高。但根据调查分析,我省土壤开垦二、三十年后,土壤有机质、全氮和有效氮有随着耕种年限的增加而逐渐降低的趋势,特别是在土地用养结合不好和忽视增施有机肥的情况下,土壤有机质和养分含量下降的趋势更为明显。

近年来,科学工作者已开始进行这方面的调查研究,大家都认识到:种植绿肥、秸秆直接还田和增施有机肥料,是提高土壤肥力的有效措施。我省国营农场已把秸秆直接还田定为必须执行的用地养地措施。

我们从1979—1984年在哈尔滨黑土、大庆市碳酸盐黑土和林口县岗地白浆土进行了秸秆直接还田的研究,证明了正确地实行秸秆还田确有增产肥田效果,为今后我省大力推广秸秆直接还田提供了必要的技术关键和科学依据。

国外近百年来,也进行了大量有关研究。例如:英国洛桑农业试验站在马铃薯—黑麦—糖用甜菜的轮作中,每年每公顷翻压秸秆6—7吨,18年后土壤有机质含量提高了2.2—2.4%。美国在大平原土壤上进行了8年试验,每年每公顷残茬及秸秆还田1.6—6.7吨,土壤有机质从1.79%提高到2.0—

2.2%,每施一吨秸秆,子粒产量平均增加100—130公斤。德国波恩大学在粘壤土上进行试验,每年每公顷施6.5吨秸秆并补施氮(每一百公斤秸秆补氮0.5—1.0公斤),19年后土壤有机质从1957年的1.02—1.08%增加到1978年的1.21—1.48%。而不还田区土壤有机质1957年为1.07%,1978年为1.04—1.16%。

二、秸秆直接还田对作物产量的影响

秸秆还田定位试验设在哈尔滨市黑土上,设置8个处理(见表1),轮作顺序为玉米—大豆—小麦—玉米—大豆,轮作中所有玉米、小麦秸秆还田,玉米秸秆还田量为1100斤/亩,麦秸还田量为450斤/亩。土壤基础肥力为:有机质2.33%,全氮0.140%,全磷0.097%,pH7.3,碱解氮14.0毫克/100克土,速效磷4.05毫克/100克土。中间试验是在大庆市牧工商联合公司试验站和林口县种畜场进行的。

试验结果表明,秸秆直接还田对作物有

注:参加本试验的还有赵聚祥、孙铁男同志。中国科学院南京土壤所尹瑞龄和乔凤珍同志协助分析了微生物区系及微团聚体。省农科院大豆研究所张荣贵、丁希明协助分析了土壤CO₂释放量。在此一并致谢。

试 验 处 理	1980		1981		1982		1983		1984	
	玉 米		大 豆		小 麦		玉 米		大 豆	
	斤/亩	%	斤/亩	%	斤/亩	%	斤/亩	%	斤/亩	%
OK	833.8	100	322.2	100	248.1	100	707.6	100	265.4	100
S ₁	810.4	97.2	345.3	107.2	288.1	116.1	781.0	110.4	311.2	113.7
N	862.4	103.4	352.3	109.3	306.8	123.7	898.2	126.9	278.3	104.9
NS ₃ (80 年为 P)	962.5	115.4	357.1	110.8	301.5	121.5	899.1	127.1	316.4	119.2
NS ₄	875.8	105.0	374.3	116.2	261.5	105.4	928.8	131.3	335.2	126.3
PS ₄	880.4	105.6	359.5	111.6	279.1	112.5	799.5	113.0	242.8	91.5
NP	962.5	115.4	358.0	111.1	253.5	102.2	998.9	141.2	228.4	86.1
NPS ₄	915.8	109.8	406.5	126.2	269.5	108.6	1030.7	145.7	306.0	115.3

表中 OK 为空白对照 (秸秆不还田, 不施化肥), S 代表秸秆还田, S 右下的数字“3”代表连续还田三年,“4”代表连续还田四年, N 代表亩施纯 N15—30 斤, P 代表亩施 P₂O₅ 15—30 斤。

表 2

秸秆还田对小麦生育和产量的影响

1982—1984 年

试 验 地 点	年 份	处 理	种肥磷酸 二铵用量 斤/亩	产 量		株高 (厘 米)	穗长 (厘 米)	千粒重 克	植株养分(ppm)	
				斤/亩	%				NO ₃ -N	水溶 P ₂ O ₅
大庆牧工商联合 公司一牧场一队	1984	OK 还田	11	260.0	100	76.5	4.54	27.48	120	90
				394.0	116.7	82.8	5.26	31.03	150	140
二 队	1983	OK 还田	8	315.2	100	95.0	5.80	29.50	25	173
				349.9	111.0	102.0	6.50	30.20	25	230
四 队	1983	OK 还田	7	289.3	100	106.0	6.40	25.9	35	230
				306.9	106.1	113.0	7.80	25.9	44	288
	1984	OK 还田	12	211.8	100	63.8	5.3	30.22	100	100
				265.1	125.2	71.8	6.3	31.96	240	135
五 队	1983	OK 还田	6	252.0	100	91.3	5.2	31.2	23	207
				284.3	112.8	106.7	6.4	33.6	25	173
	1984	OK 还田	11	293.1	100	75.7	4.56	33.14	200	120
				352.3	120.2	79.7	5.48	37.64	250	160
六 队	1983	OK 还田	10	319.5	100	77.2	4.58	33.1	—	—
				368.3	115.3	83.0	5.28	33.8	—	—
林口县种畜场	1984	OK 还田	25	274	100	124	8.1	26.6	—	—
				300	109.5	126	8.9	27.1	—	—
黑 龙 江 省 农 科 院 土 肥 所	1982	OK 还田	—	248.1	100	69.27	6.33	35.5	—	—
				288.1	116.1	68.36	7.40	36.5	—	—
九点次平均	1982—	OK	—	273.6	100	86.53	5.65	30.3	85.5	153.3
	1984	还田	—	323.2	118.1	92.60	6.59	32.0	122.3	187.7

明显的增产作用。从表 1 可以看出, 秸秆还田第一年种玉米 (1980 年), 如不配合施用氮肥, 作物有减产的趋势, 比不还田区减产

2.8%, 而秸秆还田配合施氮则比单施氮增产 1.6%。

秸秆还田第二年种大豆 (1981 年), 玉米

秸秆为大豆和在它根上着生的根瘤菌的生育提供了必要的能量和二氧化碳来源。结果秸秆还田区大豆比不还田区增产 7.2%，秸秆还田配合施用氮磷比单施氮磷增产 13.5%。

秸秆还田第三年种小麦(1982 年)，秸秆还田区比不还田区增产 16.1%

秸秆还田第四年种玉米(1983 年)，秸秆还田区玉米比不还田区增产 10.4%。从植株生育来看，秸秆还田区玉米比不还田区长得健壮，叶色较深，单株叶面积增加 10.6%，抽雄吐丝提早。据 1983 年 8 月 1 日测定，秸秆还田区抽雄 22.7%，不还田区仅 6.0%。

秸秆还田第五年种大豆(1984 年)，秸秆还田区大豆比不还田区增产 13.7%，秸秆还田配合施氮区比单施氮增产 13.7—20.4%。秸秆还田配合施用氮磷比单施氮磷增产 34.0%。

由此可见，秸秆直接还田对作物确有增产效果。但是应当强调的是：在秸秆还田的头一、二年，必须配合施用氮肥，其用量为每百斤秸秆增施 1.7—2.0 斤纯氮。秸秆还田种大豆效果良好，这就为今后秸秆还田种大豆及其它豆科作物提供科学依据。

从表 2 可以看出，秸秆还田比不还田区小麦(9 个试验平均)增产 18.1%，增产幅度为 6.1—25.2%，小麦平均株高、穗长、千粒重、植株体内 $\text{NO}_3\text{—N}$ 和水溶 P_2O_5 均比不还田区分别高 6.07 厘米、0.94 厘米、1.7 克、3.68ppm 和 34.4ppm。

秸秆还田第一年种玉米，植株体内全氮、 $\text{NO}_3\text{—N}$ 和水溶 P_2O_5 都比不还田区的低，因而影响玉米的生育，结果导致玉米减产，而秸秆还田第四年种玉米，秸秆还田区与不还田玉米植株体内全氮、 $\text{NO}_3\text{—N}$ 含量大致相同，因而玉米增产 10.4%。

三、秸秆还田对土壤理化性质和生物学性质的影响

1. 秸秆直接还田所投入的有机质和养分数量

据省农科院土肥所在哈尔滨市黑土上的定位试验，从 1979—1984 年 6 年间，有四年秸秆还田，1979 年、1980 年和 1983 年每年玉米秸秆还田量为 1100 斤/亩，1982 年麦秸还田量为 450 斤/亩。按每百斤玉米秸秆含有机质 93.8 斤、N 0.48 斤、 P_2O_5 0.14 斤、 K_2O 1.75 斤以及每百斤麦秸含有机质 95.7 斤、N 0.50 斤、 P_2O_5 0.07 斤和 K_2O 0.80 斤计算，6 年还田秸秆总量为 3750 斤，折合有机质 3526.1 斤、有机碳 2045.3 斤、N 18.09 斤、 P_2O_5 4.94 斤和 K_2O 61.71 斤，平均每年每亩还田秸秆量为 625 斤，折合有机质 587.7 斤、有机碳 340.9 斤、N 3.02 斤、 P_2O_5 0.82 斤、 K_2O 10.29 斤，这就给土壤和作物增加了一定的有机质和养分。

表 3 秸秆还田数量及其有机质和养分含量 单位：斤/亩

年 份	1979—1984 年总计			6 年 平 均		
秸秆种类及数量	玉米秸 3300斤	麦秸 450	共计 3750	玉米秸 550	麦秸 75	共计 625
有机质	3095.4	430.7	3526.1	515.9	71.8	587.7
C	1795.5	249.8	2045.3	299.3	41.6	340.9
N	15.84	2.25	18.09	2.64	0.38	3.02
P_2O_5	4.62	0.32	4.94	0.77	0.05	0.82
K_2O	57.75	3.96	61.71	9.63	0.66	10.29

2. 对土壤有机质和全氮、全磷含量的影响

据 1984 年测定，秸秆还田区土壤有机质为 2.71%，比不还田区增加 0.46%，6 年平均每年增加 0.08% 左右，土壤全氮和全磷(P_2O_5) 分别增加了 0.018% 和 0.014%，相当于每年增加 0.003% 和 0.002%。不还田区土壤有机质 1979 年为 2.33%，1984 年为 2.25%，亦即比 1979 年降低了 0.08%，平均每年降低了 0.013%。从 6 年定位试验可以看出：秸秆还田使土壤有机质和养分得到一定的补充和更新。

在大庆市和林口县所进行的试验结果也表明，两年间土壤有机质增加了 0.118%，全氮和全磷分别增加了 0.008% 和 0.003%，亦

即平均每年增加有机质0.059%、全N0.004%和全P₂O₅增加0.0015%。

3. 对土壤速效养分含量的影响

秸秆还田第一、二年，土壤NH₄-N和NO₃-N比不还田区有所降低，这是因为秸秆的C/N比值很高(80-100:1)，翻压秸秆会固定土壤中的氮，因为在秸秆被土壤微生物分解时，土壤微生物会吸收利用一部分土壤速效氮，因而土壤速效氮含量大大下降，使作物氮素营养恶化，这就会影响作物生育，特别是苗期缺氮，会使苗黄苗弱，最终导致作物减产。秸秆还田三、四年后，由于被土壤微生物所吸收的那一部分氮被释放出来，秸秆中的氮也逐渐分解，因而土壤速效氮含量有所增加，这就为作物正常生育提供了必要的养分，使植株生长健壮，作物产量增加(见图1)。

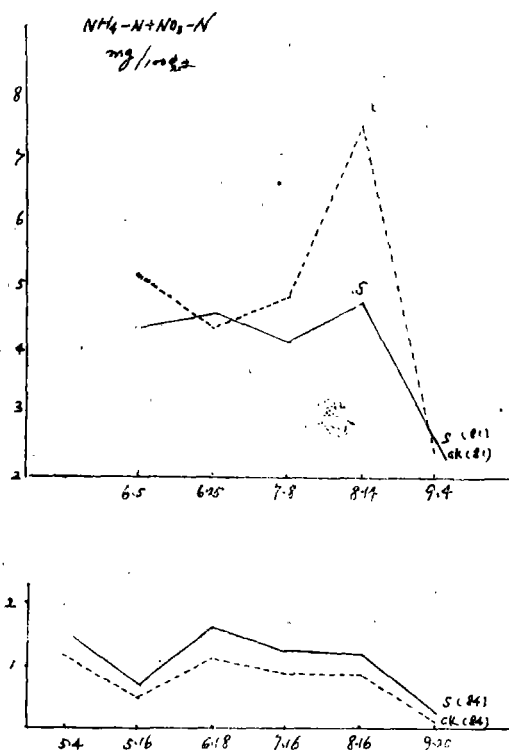


图1 秸秆还田对1981年和1984年大豆地土壤NH₄-N和NO₃-N含量的影响

秸秆还田自始至终稳定地逐年增加土壤速效磷的含量(见图2)。

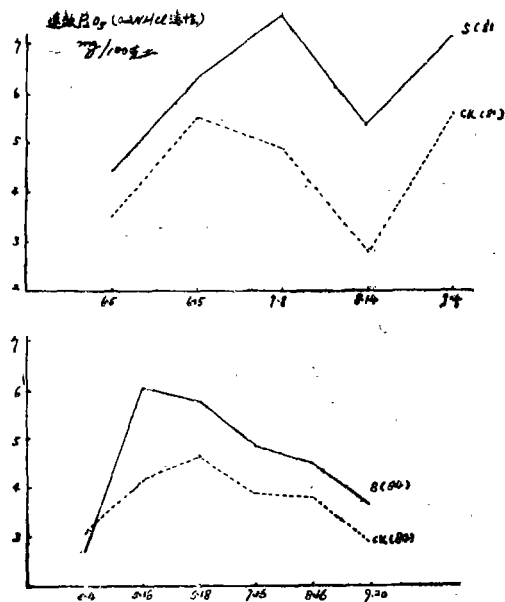


图2 秸秆还田对1981年和1984年大豆地土壤速效P₂O₅含量的影响

4. 对土壤微生物区系的影响

据1984年6月7日测定(见表4)，秸秆还田区0—20厘米耕层细菌数和真菌数分别为11216万/克干土和24.3千/克干土，分别比不还田区增加142.9%和115.0%，在不同粒径的团聚体中的细菌和真菌数也有同样的趋势。

5. 对土壤CO₂释放量的影响

据1981年7月6日测定(见表5)，秸秆还田区土壤CO₂释放量为8.60—10.65

表4 秸秆还田对土壤耕层(0—20厘米)和不同粒径团聚体中真菌和细菌数的影响
省农科院定位试验，1984年

团聚体粒径 (毫米)	细菌(万/克干土)		真菌(千/克干土)	
	OK	秸秆还田	OK	秸秆还田
5	5913	8637	11.3	24.3
3	6880	5908	31.8	35.1
1	6045	6571	27.5	35.1
0.25	7413	9082	27.6	31.2
耕层0—20厘米	4617	11216	11.3	24.3

mgCO₂/dm²/h, 不还田区为 5.79mgCO₂/dm²/h, 亦即相对地比不还田区增加 48.45—83.94%。近地气层 CO₂ 释放量的增加, 有利于作物的光合作用、干物质的积累和产量的提高。

表 5 秸秆还田对土壤 CO₂ 释放量的影响

试验处理	测定温度 ℃	测定面积 (dm ²)	CO ₂ 释放量 (mg/dm ² /h)	比 OK ±	比 OK 增加%
OK	30	1.76	5.792	—	100
S ₂	30	1.76	10.649	+4.857	183.86
S ₂ N	30	1.76	8.598	+2.806	148.45

S₂ 代表秸秆还田二年, 氮为每亩施纯 N15 斤。为省农科院定位试验资料。

6. 对土壤水分、容重、孔隙度和微团聚体的影响

秸秆还田降低土壤容重 0.02—0.06 克/cm³, 土壤孔隙度增加 1.13%, 土壤含水量增加 1.5—3.0%, 尤其是天气干旱时更为显著, 这有利于抗旱保墒, 促进作物生长。

表 6 秸秆还田对土壤容重的影响
省农科院定位试验

处 理	土壤容重 (克/cm ³)					
	1983			1984		
	0—10 厘米	10—20 厘米	20—30 厘米	0—10 厘米	10—20 厘米	20—30 厘米
OK	1.28	1.35	1.37	1.21	1.23	1.26
秸秆还田	1.26	1.32	1.31	1.17	1.18	1.23
比 OK 增减	-0.02	-0.03	-0.06	-0.04	-0.05	-0.03

据 1984 年 10 月 15 日测定, 秸秆还田区 1—7 毫米的水稳性的团聚体都比不还田高, 说明秸秆还田后使土壤形成较好的团粒结构 (见表 7)。

表 7 秸秆还田对土壤水稳性团聚体比例的影响

省农科院定位试验, 1984 年 单位: %

试验处理	团 聚 体 粒 径 (毫米)					
	7	5	3	1	0.5	0.25
OK	0	0.8	5.0	24.9	46.0	23.3
秸秆还田	4.4	4.4	13.0	35.2	33.6	9.4
比 OK 增减	+4.4	+3.6	+8.0	+10.3	-12.4	-13.9

四、小结与讨论

1. 在我省南部黑土、东部白浆土和西部碳酸盐黑土, 玉米秸和麦秸还田对后有明显的增产作用, 增产幅度从 6.1—25.2%。

2. 秸秆还田改善土壤理化性质和微生物性质, 有机质、全氮、全磷、CO₂ 释放量、微生物区系和水稳性团聚体都有明显的增加, 表明秸秆还田培肥了土壤, 提高土壤抗蚀力, 生态效益显著。

3. 秸秆直接还田第一、二年, 由于微生物分解秸秆时利用了一部分有效氮, 特别是在作物苗期, 菌苗争氮, 易使作物缺氮。因此, 在秸秆还田的头一、二年, 应每百斤秸秆配合施 1.7—2.0 斤纯氮, 以消除这种不良影响。

4. 由于近年已研制成功麦秸及玉米秸还田机具, 建议根据各地具体情况, 在国营农场、北部麦豆产区、东南部半山间地区以及有石油、煤炭及薪炭林的地区推广。

5. 为了发挥秸秆还田的效果, 应将秸秆切碎成十厘米以下, 均匀撒布, 配合施用氮肥, 然后翻入 0—25 厘米的土中, 与土壤充分混匀。