

# 长期秸秆还田改土培肥效应的研究

劳秀荣, 吴子一, 高燕春

(山东农业大学)

**摘要:** 以山东省黄河冲积平原低肥力潮土为供试土壤。14 年缸栽定位试验结果表明, 长期秸秆还田改善了土壤的理化性状。土壤有机质、孔隙度、速效氮、锌、铁、锰、酶活性等理化指标与秸秆还田量呈显著正相关; 与土壤容重呈负相关; 并与气候、作物生长季节、土壤质地等因素有关。秸秆还田与化肥配施改土培肥效果更佳。

**关键词:** 秸秆还田; 土壤肥力; 土壤结构

中图分类号: S15614<sup>+</sup>9

文献标识码: A

文章编号: 100226819(2002)020049204

70 年代之后, 农作物秸秆作为我国农民的主要燃料资源的局面已发生了根本变化。每当收获季节, 农民将秸秆就地焚烧, 其结果不仅浪费农业资源, 而且严重地污染环境, 造成公害。焚烧秸秆已成为困扰我国农业生产和环保的一大难题。秸秆直接还田, 可就地取材, 广开有机肥源, 变废为宝, 是充分利用秸秆资源的有效途径之一<sup>[1,2]</sup>。我们通过对秸秆还田定位试验的土壤、作物、经济效益等项指标进行全面系统的分析, 为薄地培肥, 提高肥料利用率, 积累详实的基础资料, 为充分利用秸秆资源提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验设计

**供试土壤:** 1984 年采自山东省齐河县华店乡和焦斌乡, 土壤类型为潮土, 系山东省面积最大的四大土类之一。土壤质地: 华店为中壤土, 焦斌为砂壤土。

**定位试验:** 在山东农业大学网室内, 采用缸栽土培, 80 kg 土壤/缸。于 1984 年 10 月至 1998 年 12 月秸秆直接还田与化肥氮磷配施 14 年。玉米、小麦轮作一年两熟制。玉米为农大 108, 小麦为鲁麦 22。每年在种麦前将粉碎玉米秸秆与 N、P 肥作基肥一次施入, 不施任何钾肥。试验方案: 试验设计 6 个处理, 3 次重复, 随机排列(表 1)。

### 1.2 测定方法

1998 年于小麦返青(3 月 10 日)、夏玉米收获期后(10 月 10 日)、小麦分蘖期(12 月 10 日)采集 0~20 cm 耕层土壤, 按常规法测定有机质、碱解氮、土壤容重、盐分, 用扩散法测定脲酶活性<sup>[3]</sup>, 37℃ 恒温 24 h, 以 1 kg 土壤中 NH<sub>4</sub>-N 的 mg 数表示。用

表 1 秸秆还田长期定位试验方案(1984~ 1998)

Table 1 Scheme of experiments of returning straw to soil (1984~ 1998)

处理代码	No.	中壤土	砂壤土
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> M <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	CK	CK
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> M <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	秸秆	秸秆
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> M <sub>0</sub>	A <sub>3</sub>	NP 化肥	NP 化肥
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> M <sub>1</sub>	A <sub>4</sub>	秸秆 + 化肥	秸秆 + 化肥
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> M <sub>2</sub>	A <sub>5</sub>	秸秆 + 化肥	秸秆 + 化肥
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> M <sub>3</sub>	A <sub>6</sub>	秸秆 + 化肥	秸秆 + 化肥

注: 化肥用量: 尿素 01015 kg/缸, 普钙 0103 kg/缸, 折合 N 165 kg/缸 + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 120 kg/缸; 秸秆用量: 0108 kg/缸, 0116 kg/缸, 0124 kg/缸, 分别折合为 2 250 kg/缸、4 500 kg/缸、6 750 kg/缸。

DTPA + CaCl<sub>2</sub> + TEA 浸提, 原子吸收分光光度计测定土壤速效锌、锰、铁、铜<sup>[3]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 秸秆还田对土壤有机质和盐分的影响

土壤有机质是土壤中最活跃的成分, 对肥力因素、水肥气热影响最大, 成为土壤肥力重要的物质基础, 也是评价土壤肥力高低的重要指标之一。可溶性盐是土壤的物理属性, 是决定土壤质量的主导因素之一。通过长期秸秆还田并配施适量的化肥, 对土壤有机质和盐分的影响示于表 2。两种不同质地土壤有机质积累量有类似的规律性, 即平均而言 N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>M<sub>3</sub> (A<sub>6</sub>) > N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>M<sub>2</sub> (A<sub>5</sub>) > N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>M<sub>1</sub> (A<sub>4</sub>) > N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>M<sub>2</sub> (A<sub>2</sub>) > N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>M<sub>0</sub> (A<sub>3</sub>) > N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>M<sub>0</sub> (A<sub>1</sub>)。在同一时期内 N、P 肥用量相同时, 秸秆还田量与有机质呈显著正相关 ( $r_{中} = 0.19897^3$ ) ( $r_{砂} = 0.98703^3$ )。秸秆与化肥配施比单施秸秆或化肥更有利于土壤有机质的提高。单施秸秆优于单施化肥, 更优于对照(N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>M<sub>0</sub>)。14 年不施任何肥料的土壤, 已显示出贫瘠土壤的特征, 土壤

收稿日期: 2001209205 修订日期: 2001212210

作者简介: 劳秀荣, 女, 副教授, 山东泰安 山东农业大学资环学院, 271018

有机质 015% ~ 018%, 属于 5 级或 6 级<sup>[4]</sup>。  
平均而言, 土壤可溶性盐含量随秸秆还田量的

增加而升高, 回归分析说明砂壤土可溶性盐与秸秆  
还田量呈显著正相关。

表 2 秸秆还田对土壤有机质和盐分的影响

Table 2 Effect of returning straw to soil on organic matter and salt content

项目	取样时间 6月2日	中壤土						砂壤土					
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>
有机质 $\delta\%$	03210	0175	1105	0185	0199	1141	1164	0160	0196	0155	0196	1103	1125
	10210	0164	0195	0171	1109	1135	1150	015	0181	0179	0190	1106	1117
	12210	0182	1109	0191	1104	1154	1164	0156	0199	0156	0197	1109	1169
	平均	0174	1103	0182	1104	1143	1160	0156	0192	0163	0194	1106	1137
相关系数 $r$		01989 7 <sup>3</sup>						01987 0 <sup>3</sup>					
盐分 $\delta\%$	03210	0104	0106	0116	0120	0122	01225	0105	0107	0120	0121	0124	0130
	10210	01015	01025	01035	0107	0106	0109	0104	01055	01065	01085	0109	01045
	12210	01045	0107	0117	0122	0122	0123	01045	01065	01195	0121	0123	0128
	平均	01033	01052	01122	01163	01177	01182	01045	01058	01153	01168	01187	01223
相关系数 $r$		01920 2						01978 1 <sup>3</sup>					

气候与作物生育期, 也是影响土壤有机质和盐分的重要因子之一。尤其是盐分, 季节变化较大。总趋势是气温越低盐分越高。8~10月, 是玉米生长季节, 虽然气温高, 但是玉米覆盖度大, 土壤水分蒸发量小, 盐分含量低。3月和12月, 分别是小麦幼苗期, 因覆盖度小, 土壤表层水分蒸发量较大, 所以盐分含量高。

### 212 秸秆还田对土壤容重和孔隙度的影响

容重和孔隙度是土壤的重要物理性质。它们与土壤的结构、腐殖质含量及土壤松紧状况有关, 同时也影响着土壤中水、肥、气、热等肥力因素的变化与

供应状况, 因此, 在农业生产上是非常重要的土壤物理属性指标。长期秸秆还田定位试验, 土壤容重与孔隙度结果示于表 3。随秸秆还田量的增加, 耕层(0~20 cm)土壤容重有递减趋势, 而土壤孔隙度有递增趋势, 即土壤容重:  $A_1 > A_3 > A_2 > A_4 > A_5 > A_6$ ; 土壤孔隙度  $A_6 > A_5 > A_4 > A_2 > A_3 > A_1$ 。砂壤土容重、中壤土孔隙度与秸秆还田量相关性较好。在化肥用量相同的条件下( $A_2$ 与 $A_3$ 、 $A_5$ 相比较), 单施秸秆对降低土壤容重, 提高孔隙度明显优于单施化肥, 而两者配施效果更好。这说明秸秆还田改善了土壤的通气状况。

表 3 秸秆还田对土壤容重和孔隙度的影响

Table 3 Effect of returning straw to soil on soil specific weight and porosity

项目	取样时间 6月2日	中壤土						砂壤土					
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>
容重 $\delta\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	03210	1157	1145	1153	1146	1137	1133	1161	1145	1149	1141	1145	1136
	10210	1157	1139	1147	1136	1135	1130	1148	1143	1149	1144	1136	1132
	12210	1155	1133	1146	1130	1128	1127	1145	1136	1141	1140	1133	1128
	平均	1156	1139	1149	1137	1133	1130	1151	1141	1146	1140	1138	1132
相关系数 $r$		- 01946 1						- 01983 9 <sup>3</sup>					
孔隙度 $\delta\%$	03210	35181	42185	43185	45174	4718	49118	33164	42114	41143	42163	45101	49120
	10210	35102	44199	43157	44185	47182	50113	38149	42125	41104	42188	43150	50151
	12210	35184	47120	44136	45164	50133	51117	38173	45107	44120	44184	48150	53139
	平均	35156	45102	43193	45141	48165	50116	37129	43115	42122	43116	45167	51103
相关系数 $r$		01976 1 <sup>3</sup>						01945 5					

### 213 秸秆还田对土壤碱解氮与脲酶活性的影响

土壤有机质的积累, 为土壤微生物提供丰富的能源和营养物质, 激活酶的活性, 从而促进了土壤各种养分的有效转化, 正如表 4 所示, 在化肥用量相同的条件下, 两种质地土壤速效氮和脲酶活性变化趋势类同, 随秸秆还田量的增加而增加, 经回归分析, 说明秸秆还田量与土壤速效氮及脲酶之间呈显著正

相关。同时, 土壤速效氮与脲酶活性之间也呈现显著正相关。总趋势:  $A_6 > A_5 > A_4 > A_2 > A_3 > A_1$ 。秸秆还田使土壤速效氮、脲酶活性提高 2~9 倍, 极大地提高了土壤供氮能力。

表 4 还表明, 碱解氮和脲酶季节变化动态不太一致。碱解氮是 10 月 10 日最高, 而脲酶是 3 月 10 日最高, 此问题需进一步研究。

表 4 秸秆还田对土壤氮和脲酶活性的影响

Table 4 Effect of returning straw to soil on available N and enzyme

项目	取样时间 6月2日	中壤土						砂壤土					
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>
碱解氮 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	03210	58174	66190	59100	69155	87167	115102	4414	62131	47182	62184	7618	82159
	10210	7510	8417	7911	8916	10011	131185	6110	6716	6518	9310	11013	12414
	12210	52119	82159	80160	81113	91129	110185	46137	59138	57196	68183	84175	104119
	平均	61198	78106	7219	80109	93102	119124	50159	63110	57119	74189	96162	103173
相关系数 $r$		01961 8 <sup>3</sup>						01952 9 <sup>3</sup>					
脲酶 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	03210	2113	8119	7145	8123	10127	13144	1152	5148	4181	6103	8147	10152
	10210	0148	4138	3153	4194	5119	6192	0185	3147	2171	3198	4165	5174
	12210	0151	3116	2129	3161	5151	8108	0156	3108	1172	3139	3163	5122
	平均	1104	5123	4142	5164	6199	9148	0197	4101	3108	4147	5158	7116
相关系数 $r$		01983 8 <sup>3</sup>						01997 9 <sup>3 3</sup>					

214 秸秆还田对土壤微量元素的影响

土壤微量元素的全量和有效态含量与土壤形成过程和土壤属性密切相关, 全量主要取决于成土母质微量元素的含量, 有效态含量受土壤酸碱度反应、氧化还原电位、有机质含量等条件的制约。14 年秸秆还田对土壤微量元素有效性的影响示于表 5 和表 6。

山东黄河冲积平原的潮土属高有效铜, 低有效铁、锌, 中等有效锰。小麦玉米锌肥效果较好。表 5、表 6 结果表明, 中壤与砂壤比较, 中壤土有效铁、锌、锰、铜平均值均高于砂壤土。但两种不同质地土壤秸秆还田量与 4 种元素之间均有类似规律: 即  $A_6 > A_5 > A_4 > A_2 > A_3 > A_1$ 。由表 5 可知, 在 N、P 肥用量相同的条件下, 有效铁、锌、锰含量随秸秆还田量的增加而提高。经回归分析得知: 土壤有效铁与秸秆还田

量之间呈显著正相关; 土壤有效锰与秸秆还田量呈极显著正相关; 土壤有效铁与秸秆还田量之间呈显著正相关; 秸秆还田与 N、P 配施增锌、铁、锰的效果优于单施秸秆和单施 N、P。而单施秸秆优于单施 N、P 肥, 更优于对照。这就是说, 14 年不施任何微量元素肥料的情况下, 长期秸秆还田能明显地促进土壤铁、锌、锰等微量元素的生物有效性, 其促进作用与有机质、水解氮、脲酶活性基本相似。表 6 结果表明有效铜与秸秆还田量之间的关系较特殊, 中壤土速效铜与秸秆还田量呈负相关, 砂壤土呈正相关, 但相关性都不好, 看来有效铜与有机质含量之间无明显的关系<sup>[5]</sup>, 有待进一步探讨。

表 5 和表 6 还说明, 土壤有效铁、锌、铁季节性变化较明显, 总趋势是, 气温高, 三元素的有效性较高。而有效铜季节性变化不明显。

表 5 秸秆还田对土壤铁、锌、锰生物有效性的影响

Table 5 Effect of returning straw to soil on biological effectiveness of Zn, Fe & Mn

项目	取样时间 6月2日	中壤土						砂壤土					
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>
有效铁 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	03210	2103	2116	2113	2123	2145	2187	2108	2131	2130	21524	2167	2184
	10210	2113	2142	2146	2153	2173	3104	2120	2133	2143	2160	2172	2188
	12210	1134	1158	1148	1166	1180	2119	01837	1106	0196	1124	1170	1182
	平均	1183	2105	2102	2114	2133	2170	1170	1190	1180	2112	2136	2151
相关系数 $r$		01968 8 <sup>3</sup>						01987 0 <sup>3</sup>					
有效锌 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	03210	2106	2142	2112	2188	313	316	1192	2125	2106	2120	2168	2172
	10210	5158	6164	5177	7164	8192	12108	5156	6148	6116	6164	6178	6196
	12210	3180	4156	4124	4144	5188	6189	21947	3162	3102	3188	4114	4188
	平均	3181	4154	4104	4199	6103	7152	3147	4112	3175	4124	4153	4185
相关系数 $r$		01994 1 <sup>3 3</sup>						01992 4 <sup>3 3</sup>					
有效铜 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	03210	3163	5145	8155	9158	10130	10165	314	4175	5106	5118	6115	6188
	10210	716	815	8113	8165	818	9115	515	618	615	618	7101	718
	12210	7125	9115	7150	9150	917	10145	4115	6105	5155	6125	7105	716
	平均	6116	7170	8106	9108	916	10108	4135	5187	5170	6108	6174	7142
相关系数 $r$		01981 3 <sup>3</sup>						01973 0 <sup>3</sup>					

表 6 秸秆还田对土壤铜生物有效性的影响

Table 6 Effect of returning straw to soil on biological effectiveness of Cu

项目	取样时间 6月2日	中壤土						砂壤土					
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>
有效铜 $\text{mg kg}^{-1}$	03210	1143	1135	1120	1114	1107	1115	0185	0190	1107	1169	1165	1166
	10210	1123	1125	1112	1108	1110	1101	0196	0199	0183	0179	0180	0181
	12210	0198	1109	1101	0183	0191	1105	0162	0168	0168	0168	0164	0156
	平均	1121	1123	1111	1102	1103	1107	0181	0186	0184	1105	1103	1101
相关系数 $r$													

### 3 讨论

1) 秸秆直接还田对改善土壤的理化性状有明显效果。能显著增加土壤有机质积累, 提高土壤速效氮、铁、锌、锰的含量, 促进脲酶活性, 降低容重, 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。

2) 在化肥用量相同条件下, 秸秆还田量与土壤有机质、盐分、孔隙度、速效氮、铁、锌、锰之间呈显著正相关, 与土壤容重呈负相关, 与速效铜相关性较差。

3) 两种不同质地土壤各处理的大多数理化指标变化动态基本一致, 即  $N_1P_1M_3 > N_1P_1M_2 > N_1P_1M_1 > N_0P_1M_2 > N_1P_1M_0 > N_0P_1M_0$ 。秸秆还田与化肥配施各处理的改土培肥效果优于单施秸秆和单施化肥, 更优于不施任何肥料 ( $N_0P_1M_0$ ), 对照土壤中各

项理化指标与贫瘠土壤类似。

4) 试验结果表明, 秸秆还田与化肥配施是改土培肥的有效措施之一, 是发展可持续农业的有效技术。

#### [参 考 文 献]

- [1] 沈善敏 中国土壤肥力 [M] 北京: 中国农业出版社, 1998 111~ 151.
- [2] 杨玉爱 我国有机肥料研究及展望 [J] 土壤学报, 1996 (33): 414~ 420
- [3] 关松荫 土壤酶及其研究法 [M] 北京: 农业出版社, 1986 297~ 298
- [4] 闫 鹏, 徐世良 山东土壤 [M] 北京: 中国农业出版社, 1994 323~ 428
- [5] 袁可能 植物营养元素的土壤化学 [M] 北京: 科学出版社, 1983 443~ 449.

## Effect of Long-Term Returning Straw to Soil on Soil Fertility

Lao Xiurong, Wu Ziyi, Gao Yanchun

(College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Tai an 271018, China)

**Abstract:** Study was carried out on Fluvo2aquic soil of low fertility coming from Huanghe River plain for 14 years. The results show that the long2tem returning straw to soil changes soil properties. Soil organic matter, soil porosity, available N, Zn, Fe, Mn and enzyme are all positively related to the amount of straw applied remarkably, while soil specific weight is negatively correlative. These indexes are affected by climate, plant growth seasons and soil texture, etc. The result of combination use of straw and fertilizer is better.

**Key words:** returning straw to soil; soil fertility; soil structure