

秸秆腐熟剂在玉米秸秆还田中的效果

杨振兴¹, 周怀平¹, 关春林¹, 解文艳¹, 车丽²

(1.山西省农业科学院农业环境与资源研究所, 山西太原 030006; 2.山西省农业科学院作物科学研究所, 山西太原 030032)

摘要:在盆栽和大田条件下,研究了秸秆腐熟剂对玉米生长及其产量、玉米秸秆腐解速率、土壤微生物以及土壤肥力的影响。结果表明,秸秆还田时施用秸秆腐熟剂对提高玉米产量具有明显的增产效果,秸秆还田量小且配秸秆腐熟剂玉米产量较还田量大处理高,采用粉碎还田配秸秆腐熟剂对玉米增产效果较整秆沟埋配秸秆腐熟剂显著,秸秆腐熟剂能够提高土壤中微生物数量、促进秸秆较快腐解,减轻和防止多量秸秆还田给作物生长带来的不利影响,同时可稳定提高土壤养分含量。

关键词:秸秆还田; 微生物; 腐解率; 玉米

中图分类号: S141.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-2481(2013)04-0354-04

Effect of Straw Decomposing Inoculant on Maize Straw Returning

YANG Zhen-xing¹, ZHOU Huai-ping¹, GUAN Chun-lin¹, XIE Wen-yan¹, CHE Li²

(1. Institute of Agricultural Environment & Resources, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030006, China;

2. Institute of Crop Sciences, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030032, China)

Abstract Effect of straw-decomposing inoculant on the growth, yield, decay rate of straw, soil microbe and soil fertility of maize was studied under field- and pot- experiment conditions. The results showed that using straw-decomposing inoculant in the stage of straw application significantly increased maize yield; with the application of straw-decomposing inoculant and less amount of straw returning, the maize yield underwent a significant increase compared to that of the yield in the treatments using large amount of straw returning. It showed that the straw returning by crushing in cooperated with straw-decomposing inoculant had a better yield-improving effect than straw returning by burning in maize. The application of straw-decomposing inoculant had obvious influences on increasing the number of soil microorganisms and promoting the straw decomposition; meanwhile, it could reduce the adverse impact of excessive straw returning on crop growth, and steadily increased the contents of soil nutrients.

Key words straw returning; microbe; decay rate; maize

玉米作为我国主要农作物之一,在我国农业生产、国民经济中占有十分重要的地位^[1]。而山西地处世界3大玉米黄金生产带,是全国玉米主产省份之一。目前,山西省玉米种植面积在164.7万hm²左右^[2],玉米秸秆量达到1300万吨以上。由于以煤、电、气等商品能源逐步代替了秸秆燃料以及农机动力替代畜力(农户用于养畜的秸秆量减少)等原因,玉米秸秆出现了阶段性过剩,秸秆焚烧和废弃的现象比较普遍。秸秆直接还田是培肥农田、解决焚烧废弃的有效途径^[3]。然而,秸秆进入土壤后的有机酸积累^[4]、腐解缓慢以及对耕作、农艺操作等的不利影响,限制了其大面积推广应用。

秸秆腐熟剂富含高效微生物菌,可以有效促进秸秆快速腐解^[5]。同时,其使用成本低、操作简单,在我国南方区域应用广泛^[6-8]。

为了验证腐熟剂在山西省玉米秸秆还田中的适用性,试验于2010年11月至2011年10月,选取3种秸秆腐熟剂进行盆栽和田间试验,研究其在秸秆粉碎直接还田和秸秆整秆沟埋还田2种模式下的腐解效果,旨在为其大面积推广应用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 秸秆腐熟剂 从目前已生产应用的秸秆

收稿日期:2013-01-22

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(201203030),国家“十二五”科技支撑计划项目(2011BAD09B01)

作者简介:杨振兴(1981-),男,山西五台人,助理研究员,主要从事旱作农业研究工作。

腐熟剂中选择 3 种,即家农(J)、可力美施(K)、合缘(H),其均为复合微生物菌剂,主要包含细菌、真菌、放线菌等菌群,以细菌和真菌为主。其中,微生物总数家农为 136.7×10^6 cfu/g,可力美施为 59.22×10^6 cfu/g,合缘为 163.53×10^6 cfu/g。

1.1.2 玉米品种 田间试验玉米品种为先玉 335,生育期 127 d。盆栽试验的玉米品种为晋单 42 号,生育期为 110 d。

1.1.3 土壤 土壤理化性状为:容重为 1.47 g/cm^3 , pH 值 7.82,有机质 11.47 g/kg ,全氮 0.83 g/kg ,速效磷 3.85 mg/kg ,速效钾 130.52 mg/kg ,缓效钾 572.86 mg/kg 。盆栽试验用土为田间试验原土。

1.2 方法

1.2.1 不同秸秆腐熟剂对比试验 其采用盆(直径 $25 \text{ cm} \times$ 高 30 cm)栽试验。处理为无腐熟剂处理(CK)、有腐熟剂处理(J、K、H),各处理设 12 次重复,样本量为 1 株/盆。秋施复合肥 900 kg/hm^2 ,秸秆还田量为 $9\ 000 \text{ kg/hm}^2$ 。将秸秆人工切割成 10 cm 左右的小段后,与腐熟剂、土样混合放入盆内。

1.2.2 不同秸秆还田量对比试验 采用盆栽试验。处理为 J、K、H,这 3 种腐熟剂设定 3 种不同秸秆还田量,分别为 $4\ 500$ 、 $9\ 000$ 、 $13\ 500 \text{ kg/hm}^2$ 。其他同 1.2.1。

1.2.3 不同秸秆还田方式对比试验 其采用田间小区试验。裂区设计,主区为整秆沟埋处理和粉碎还田处理,副区为添加不同腐熟剂处理(表 1)。试验设 3 次重复,小区面积 40 m^2 。秋施复合肥 900 kg/hm^2 ,腐熟剂 30 kg/hm^2 ,秸秆还田量 $15\ 000 \text{ kg/hm}^2$ 。为防止秸秆腐解过程中与玉米幼苗争氮,影响出苗率,在秸秆还田小区加施氮肥 34.5 kg/hm^2 。

表 1 不同秸秆还田方式对比试验设计

主区	副区	试验内容	主区	副区	试验内容
整秆	1	秸秆还田	粉碎	1	秸秆还田
沟埋	2	秸秆还田+J	还田	2	秸秆还田+J
	3	秸秆还田+K		3	秸秆还田+K
	4	秸秆还田+H		4	秸秆还田+H
	5	秸秆不还田		5	秸秆不还田

1.2.4 样品采集 土壤样品于 2011 年 10 月采集,分别取耕层土壤 $0 \sim 20 \text{ cm}$,每个土样由 5 个采集点的土壤混合而成。土壤微生物样本于 2011 年 8 月采集,于 $4 \text{ }^\circ\text{C}$ 下保存。玉米样品于 2011 年 10 月采集,分别取 5 穗玉米进行晾晒。

1.2.5 测定项目及方法 土壤养分测定参照文献[9]进行,有机质用重铬酸钾法;全氮用硒粉-硫酸铜-硫酸消化法;速效磷用碳酸氢钠法;速效钾用火焰光度法。土壤可培养微生物测定^[10]:采用梯度稀释法制备土壤悬液,涂布平板计数法测定细菌、真菌的数量,培养基分别为牛肉膏蛋白胨琼脂和马丁氏琼脂。

玉米产量计算:实数小区玉米穗数折算公顷穗数,风干后选取数穗粒数,称百粒质量。产量 $(\text{kg/hm}^2) = \text{公顷穗数} \times \text{穗粒数} / \text{百粒质量} / 10^5$ 。

2 结果与分析

2.1 秸秆腐熟剂对玉米生长及其产量的影响

由表 2 可知,在 $9\ 000 \text{ kg/hm}^2$ 秸秆还田量条件下,与对照相比,J、K、H 这 3 种腐熟剂处理的玉米产量均显著增加,其分别比对照增产 19%,3%,18%。说明秸秆腐熟剂对玉米产量有良好的影响,增产原因是穗粒数显著增加,而株高和百粒质量各处理间无显著差异。

表 2 不同秸秆腐熟剂对玉米生长及其产量的影响

处理	株高/cm	穗粒数	百粒质量/g	产量/(kg/盆)
J	183.25 ± 9.50	$826 \pm 16a$	36.05 ± 1.20	$0.298 \pm 0.017a$
K	185.50 ± 7.63	$775 \pm 13b$	33.51 ± 1.14	$0.258 \pm 0.012ab$
H	179.75 ± 7.30	$827 \pm 15a$	35.67 ± 2.99	$0.295 \pm 0.018a$
CK	178.50 ± 5.13	$738 \pm 14c$	33.47 ± 1.47	$0.250 \pm 0.014b$

注:不同小写字母表示 LSD 比较在 $P < 0.05$ 水平上差异显著。其余表同。

在定量施用腐熟剂条件下,不同秸秆还田量对玉米生长及其产量的影响如表 3 所示。由表 3 可知,以 $4\ 500 \text{ kg/hm}^2$ 秸秆还田条件下玉米产量最高,秸秆还田量的增加会抑制玉米的生长,原因可能是由于大量秸秆腐解需要消耗土壤中的氮肥,与玉米争氮,因而,使其产量受到一定影响。

表 3 不同秸秆还田量对玉米生长及其产量的影响

生育指标	处理	秸秆还田量/(kg/hm^2)		
		4 500	9 000	13 500
株高/cm	J	200.25	183.25	179.75
	K	198.50	185.50	182.75
	H	181.25	179.75	178.00
	CK	180.80	178.5	176.45
产量/(kg/盆)	J	0.313	0.298	0.279
	K	0.261	0.258	0.255
	H	0.300	0.295	0.278
	CK	0.255	0.250	0.236

由表 4 可知,秸秆还田处理 1~4 的玉米产量

均高于无秸秆还田的处理 5 ,且增产效果显著。

秸秆整秆还田模式下 ,处理 2 ,3 较无腐熟剂处理 1 分别增产 8.62% ,1.65% ,而处理 4 的产量较处理 1 减少 ,减产的原因是由于籽粒百粒质量

偏低 ,从而影响产量。粉碎还田模式下 ,添加腐熟剂处理 2 ,3 ,4 较不添加处理 1 增产效果显著 ,其分别较不添加腐熟剂处理 1 增产 16.37% ,9.11% ,7.98% ,添加腐熟剂各处理间产量变化不显著。

表 4 田间试验条件下秸秆腐熟剂对玉米产量的影响

还田方式	处理	成穗数 / (穗 /hm ²)	穗粒数	百粒质量 /g	籽粒产量 / (kg/hm ²)	秸秆还田处理间比较		主区对应处理间 增产量比较 / (kg/hm ²)
						增产量 / (kg/hm ²)	增产率 / %	
整秆沟埋	1	53 153 ± 2133	560 ± 16d	31.77 ± 0.27ab	9 453.00 ± 297.60c			
	2	52 684 ± 1271	587 ± 14cd	33.51 ± 3.88a	10 267.54 ± 241.66bc	814.54	8.62	
	3	52 488 ± 311	603 ± 15cd	30.38 ± 0.49bc	9 609.04 ± 148.76bc	156.04	1.65	
	4	52 463 ± 1681	629 ± 16bc	27.78 ± 0.13c	9 170.74 ± 259.41cd	-282.26	-2.99	
	5	52 981 ± 544	544 ± 13d	29.20 ± 1.49bc	8 402.98 ± 153.64d			
粉碎还田	1	52 373 ± 870	581 ± 17cd	33.93 ± 0.40a	10 327.59 ± 137.32b			
	2	52 595 ± 879	715 ± 14a	31.98 ± 0.56ab	12 017.95 ± 126.70a	1 690.36	16.37	1 750.41
	3	52 745 ± 1222	667 ± 16b	32.05 ± 0.45ab	11 268.10 ± 146.88ab	940.51	9.11	1 659.06
	4	52 445 ± 491	635 ± 15bc	33.51 ± 0.52a	11 152.19 ± 119.67a	824.60	7.98	1 981.45
	5	52 981 ± 544	544 ± 13d	29.20 ± 1.49bc	8 402.98 ± 153.64d			

由表 4 还可知 2 种不同还田模式下 ,主区相应处理间产量差异显著 ,且粉碎还田处理玉米产量较整秆沟埋分别增加 17.05% ,17.27% ,21.61% ,秸秆粉碎还田增产效果好于整秆沟埋。

2.2 秸秆腐熟剂对土壤微生物的影响

由表 5 可知 ,整秆沟埋和粉碎还田模式下 ,秸秆还田处理 1~4 的细菌数量均高于无秸秆还田处理 5。秸秆还田有助于土壤中微生物的生长 ,同时施腐熟剂处理有效提高了细菌数量。

表 5 田间试验各处理微生物量的测定结果

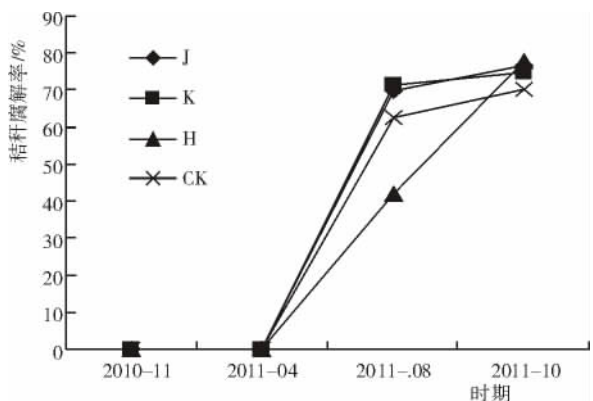
还田方式	处理	细菌 / (× 10 ⁵ cfu/g)	真菌 / (× 10 ² cfu/g)	土壤含水量 /%
整秆沟埋	1	12.08 ± 1.50e	55.49 ± 5.17cd	17.91
	2	20.92 ± 2.63bc	62.33 ± 5.80c	16.45
	3	16.31 ± 1.41de	60.61 ± 3.94cd	17.15
	4	15.71 ± 2.19e	47.49 ± 4.57d	16.29
	5	11.04 ± 1.58e	50.30 ± 6.13d	15.95
粉碎还田	1	22.00 ± 2.64bc	94.89 ± 4.34a	17.56
	2	32.17 ± 2.53a	99.08 ± 7.23a	18.78
	3	17.11 ± 2.73cd	74.82 ± 4.18b	17.82
	4	25.55 ± 3.62b	95.33 ± 6.25a	17.36
	5	11.04 ± 1.58e	50.30 ± 2.37d	15.95

真菌测定结果(表 5)发现 ,秸秆还田除整秆沟埋处理 4 低于无秸秆还田处理 5 外 ,其他处理真菌数均高于无秸秆还田处理 5 ;主区相应处理间土壤真菌数量差异显著 ,粉碎还田模式下更利于真菌生长。

2.3 秸秆腐熟剂对秸秆腐解率及土壤养分影响

秸秆腐解率是衡量秸秆腐熟程度的一项重

要指标 ,可以对土壤转化秸秆的能力作出判断。试验于 2011 年 4 ,8 ,10 月分别对盆栽中秸秆进行采样处理 ,通过 1 mm 尼龙筛对秸秆进行剥离 ,然后放入网袋淋洗 ,晾晒 ,测定秸秆腐熟率 ,结果如图 1 所示。



从图 1 可以看出 ,温度、水分对秸秆腐熟有很大影响^[1] ,微生物在一个冬季基本处于休眠状态 ,秸秆基本没有变化 ,随着温度的升高 ,土壤中的微生物开始分解秸秆 ,加快了秸秆的腐解 ,在 8 月气温达到最高 ,水分条件最佳 ,此时秸秆腐解率也迅速提升 ,进入秋季 ,随着温度下降 ,水分减少 ,秸秆腐熟放缓 ,腐解率也随之放缓 ,施用腐熟剂可以有效提高秸秆腐解率。

土壤养分测定显示 ,玉米收获后整秆还田模式下施用秸秆腐熟剂 ,小区的土壤有机质平均比对照增加 0.05%、全氮比对照增加 0.02%、速

效磷比对照增加 1.4 mg/kg、速效钾比对照增加 13 mg/kg 粉碎还田模式下施用秸秆腐熟剂,小区的土壤有机质平均比对照增加 0.01%、全氮比对照减少 0.01%、速效磷比对照增加 3.9 mg/kg、速效钾比对照增加 8 mg/kg。施用秸秆腐熟剂可以促进秸秆腐解,同时可保持和提高土壤养分,但与对照间无显著差异。

3 讨论与结论

盆栽试验表明,玉米秸秆还田时施用秸秆腐熟剂,由于增加了微生物的种群数量,加速了土壤对秸秆的腐熟效率,从而使秸秆中的养分得到释放,有助于玉米生长,从而提高其产量。增产的原因是穗粒数增多,百粒质量增加,同时,玉米秸秆还田量对玉米产量影响较大,产量会随还田量增加而减少。高量秸秆还田条件下,争夺氮是易出现的主要问题之一,可通过增施氮肥予以解决。

田间试验结果表明,秸秆还田配施腐熟剂无论采用整秆还田还是粉碎还田模式均可显著提高玉米产量,整秆还田模式下施用腐熟剂处理较不施用处理平均增产 229.44 kg/hm²,粉碎还田模式下施用腐熟剂处理较不施用处理平均增产 1 151.82 kg/hm²。增产的原因与盆栽试验基本一致,主要是由于穗粒数的增加。整秆还田模式下施用腐熟剂处理穗粒数较不施用处理平均增加 46 粒,粉碎还田模式下施用腐熟剂处理较不施用处理穗粒数平均增加 91 粒。2 种还田模式下,粉碎还田处理秸秆更易腐解,释放玉米生长所需要的养分,从而增加作物产量,较整秆还田对应处理分别增产 17.05%、17.27%、21.61%。李庆康等^[12]研究结果表明,稻、麦秸秆还田时施用秸秆腐熟剂对提高稻、麦产量具有明显增产作用,增产原因是由于穗粒数增加,与本研究结论一致。

玉米秸秆作为新鲜有机物料施入土壤后,一部分直接被微生物呼吸所释放,一部分增殖为微生物或形成土壤腐殖质。秸秆腐熟剂含有很多活性微生物,因而进入土壤后,增加了土壤中可降解秸秆的微生物数量,加速秸秆腐熟,促使秸秆残留率降低,与已有的研究结果一致^[13-14]。从微生物测定结果可以看出,施用腐熟剂处理土壤微生物种群数量明显增加,而粉碎还田后土壤环境更适宜微生物生长,种群数量较整秆还田显著增加。

陈芝兰等^[15]研究发现,土壤主要养分指标与

土壤微生物数量存在着一定的正相关关系,土壤微生物数量可以作为表征土壤肥力状况的重要生物学指标。从土壤养分测定结果可以看出,施用秸秆腐熟剂处理土壤养分较不施用处理均有所提高,原因在于秸秆腐熟剂能提高土壤中微生物种群数量,促进玉米秸秆较快腐解,在减轻和防止还田秸秆量多给作物生产带来不利影响的同时可稳定和提高土壤养分含量。同时,秸秆是否粉碎以及与土壤的接触程度都对微生物的活动有所影响。秸秆粉碎还田处理与微生物的接触最充分,有机物质的分解转化过程较早进行,在还田 330 d 后,部分腐殖质已矿化,故有机质含量低于整秆还田处理。

参考文献:

- [1] 孙本喆,郭新平,曾苏明,等. 我国玉米现状及发展对策[J]. 玉米科学 2003, 11(专刊): 32-33.
- [2] 侯有良,卢保红,魏荣业,等. 山西玉米生产中存在的主要问题及其解决对策[J]. 山西农业科学 2012, 40(11): 1129-1131, 1168.
- [3] 段佐亮. 我国作物秸秆燃烧甲烷、氧化亚氮排放量变化趋势预测[J]. 农业环境保护, 1995, 14(3): 111-116.
- [4] 单玉华,蔡祖聪,韩勇,等. 淹水土壤有机酸积累与秸秆碳氮比及氮供应的关系[J]. 土壤学报 2006, 43(6): 941-947.
- [5] 刘更另,金维续. 中国有机肥料 [M]. 北京: 农业出版社, 1991: 136-138.
- [6] 杨文兵,胡正梅,杨长斌,等. 不同秸秆腐熟剂在湖北省晚稻上的应用效果试验[J]. 现代农业科技 2008(12): 189-193.
- [7] 殷丽萍,丁峰,邹忠,等. 不同种类秸秆腐熟剂应用效果对比研究[J]. 现代农业科技 2009(4): 159-163.
- [8] 曾金寿,刘国华,潘冬平,等. 不同秸秆腐熟剂在晚稻上的应用效果研究[J]. 现代农业科技 2010(5): 25-26.
- [9] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978: 66-136.
- [10] 许光辉,郑洪元. 土壤微生物分析方法手册[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 249-251.
- [11] 葛树春,张桂兰,慕兰. 腐熟剂腐熟秸秆效果及其肥效试验初报[J]. 河南农业科学 2001(5): 27-28.
- [12] 李庆康,王振中,顾志权,等. 秸秆腐熟剂在秸秆还田中的效果研究初报[J]. 土壤与环境 2001, 10(2): 124-127.
- [13] 张电学,韩志卿,刘微,等. 不同促腐条件下玉米秸秆直接还田的生物学效应研究[J]. 植物营养与肥料学报 2005, 11(6): 742-749.
- [14] 冯伟,潘根兴,强胜,等. 长期不同施肥方式对稻油轮作田土壤杂草种子库多样性的影响 [J]. 生物多样性 2006, 14(6): 461-469.
- [15] 陈芝兰,张培平,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.