

论玉米在农田生态中的地位

Ⅱ. 玉米秸秆和根茬在农田生态中的重要地位

姜 岩 王兴礼 李 超

(吉林农业大学, 长春 130118)

摘要 玉米不仅粮食产量高, 秸秆、根茬的数量也很大。玉米的秸秆、根茬还田后在土壤中发挥着非腐解有机物的培肥作用, 不仅成为土壤有机质的重要给源, 而且使土壤中已渐老化的腐殖物质得到更新, 从而保持地力常新。这对保持一个良性循环的农田生态系统具有重要意义。传统农业认为刨除根茬才算“精耕细作”的观念要改变, 建立根茬还田(保留根茬)的农作制度, 以充分发挥玉米在农田生态中的积极作用。

关键词 玉米 秸秆还田 土壤肥力 农田生态

玉米随着粮食产量的增加, 玉米的秸秆和根茬数量也在增加。尤其是栽培面积增大, 生产的有机物数量更多, 这样就可以有很大数量的有机物还田, 对保持农田土壤的良好生态环境具有重大意义。以吉林省中部地区为例, 由于玉米种植面积大, 约三分之一的玉米秸秆就可以足够作为农村居民的烧柴, 可用三分之一的秸秆供作牲畜的粗饲料, 还可以有三分之一的秸秆还田, 即每三年就可以实施一次秸秆还田, 这对保持土壤有机质的平衡意义是重大的。由于农村的烧柴解决了, 再不用刨出根茬作烧柴, 根茬可以全部还田, 据统计吉林省如果玉米根茬全部还田, 其有机质的数量大体相当于或多于全省农家肥(按含有机质 5% 计)中有机质的数量。这个粗略的统计就足以说明根茬还田对保持土壤有机质平衡的重要作用, 及其在农田生态方面的重要意义。

据新近的研究^(1, 2, 3, 4), 非腐解有机物有更好的培肥土壤的作用, 玉米秸秆是良好的非腐解有机物料, 玉米根茬甚至有比等量干物质的玉米秸秆还好的培肥效应。本文就此进行一些探讨, 以证明玉米在农田生态中的重要地位。

1 玉米根茬、秸秆还田可以发挥非腐解有机物培肥地力的作用

农学界历来认为有机物只有充分腐熟才宜施入土壤, 这是因为非腐解有机物进入土壤会提高土壤的 C : N, 由于腐解过程中土壤微生物吸取更多的有效态氮, 引起“氮饥饿”而使作物生育不好。现代农业的特点之一, 就是大量施用化学肥料, 充足的氮素化肥既可以调节土壤的 C : N, 又能及时供给作物以足够的氮素养分, 不复存在“氮饥饿”的问题, 为直接施用非腐解有机物提供了技术条件。因此, 近年来国内外多有应用玉米秸秆直接还田的培肥措施。

研究证明^(1, 2), 非腐解有机物在土壤中腐解, 由于可以为土壤微生物提供充足的碳源和能源, 特别是易利用的有机物数量多, 因而土壤微生物显著活跃起来, 大大增强了土壤的生物活性, 产生了一个快速分解阶段(见图 1)。之后, 土壤微生物又减少, 利用难分解有机物的土壤微生物再繁殖起来, 在土壤继续进行缓慢的分解过程, 这个缓慢分解可能持

续二、三年或更长的时间。而腐熟有机物则其快速分解阶段是在土壤外堆腐过程中已经基本结束,那么快速分解阶段给土壤带来的培肥好处就失掉了。因此,利用非腐解有机物进行培肥是经济有效的,这为玉米秸秆、根茬直接还田提供了理论依据。

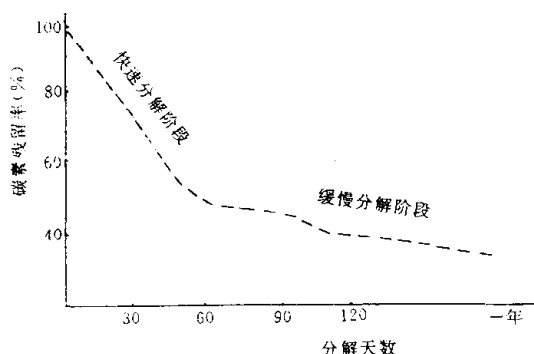


图1 玉米根茬腐解残留率变化曲线

非腐解有机物在土壤中腐解的快速分解阶段,土壤微生物量出现高峰,因而促进了土壤中的生物化学过程,使得土壤中形成更多的新生的腐殖质。这可以更新土壤中已渐老化的腐殖物质,从而保持地力常新。土壤中腐殖质的积累是一个漫长的过程,往往在千年以上,但每年可以更新其中一部分,以保持土壤的肥沃状况并增添“活力”。原来土壤中的腐殖质在土壤中可以土壤的矿质颗粒形成有机-无机复合体,腐殖质往往包被在土壤矿质颗粒的表面,使土壤染成黑色。因为,土壤肥沃状况往往与土壤胶体功能密切相关,所以影响土壤胶体功能的变化主要是腐殖质。而腐殖质随着老化而降低其胶体功能,使土壤肥沃状况下降,故须每年有一部分新生的腐殖物质来更新土壤中已渐老化的腐殖质^[6]。

玉米秸秆和根茬还田,会在土壤中发挥非腐解有机物的培肥作用,以促进农田生态的良性循环。

2 玉米秸秆数量大是调节农田生态循环的良性有机物料

据测定,每公顷玉米有 5000~7000kg

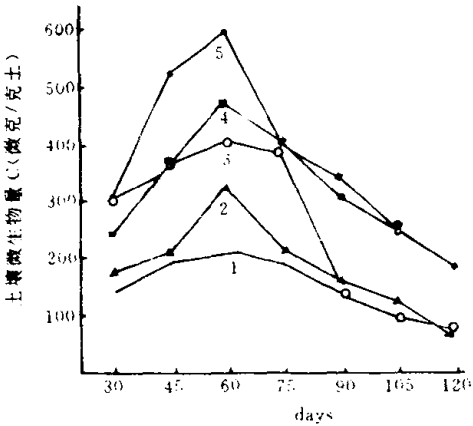
左右的秸秆(不含根茬,干物质),由于种植面积大,农村每年收获的玉米秸秆数量很大。不仅解决了农村居民的烧柴问题和牲畜的粗饲料,而且可以拿出三分之一用于秸秆还田。玉米秸秆还田在我国北方已在广泛推广,发挥着很好的肥田作用。近年来我们对应用玉米秸秆还田,是腐熟后施用培肥的效果好,还是非腐解态直接还田的培肥效果好,作了反复的研究。结果证明:直接还田不仅节省拉回来进行堆沤和腐熟后再送到田里施用的人工运力,而且证实了非腐解态有机物确有更好的培肥作用。

我们用同样的等量干物质的玉米秸秆,在实验室内进行堆沤,与直接还田的进行对比,经反复试验,在黑钙土、黑土上均取得了一致的实验结果。即直接还田的非腐解玉米秸秆,在快速分解阶段出现了生物活性(土壤微生物量 Biomass C)的高峰期;而腐熟的玉米秸秆则不然,甚至施用量为 1% 的非腐解玉米秸秆,也比施用量为 3% 的腐熟玉米秸秆的土壤生物活性高的多。见图 2 和图 3。

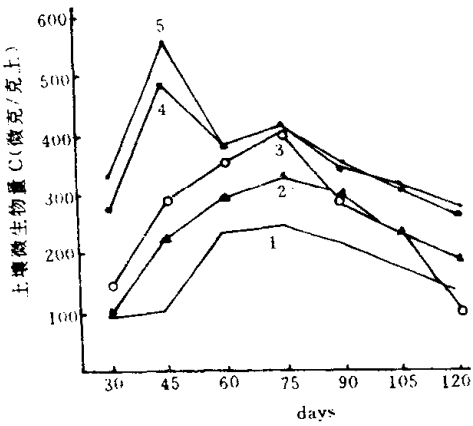
随着土壤微生物量的增强而促进了土壤中的生物化学过程,从而形成了更多的新生的腐殖物质。这可以从对土壤腐殖质的结合形态的分析结果中看出(图 4 和图 5),即松结合形态的腐殖质明显增多。在黑土和黑钙土中均证实,随着土壤微生物量的增强,松结合态的腐殖质增多了,而且 1% 非腐解玉米秸秆的处理比用量为 3% 的腐熟玉米秸秆处理的土壤,其松结合态腐殖质要高得多。

根据已有的研究资料,用同位素标记,证实了新生的腐殖物质主要存在于松结合态腐殖质中。可以认为松结合态腐殖物质的增多,表明土壤中已渐老化的腐殖质较多地被更新了。

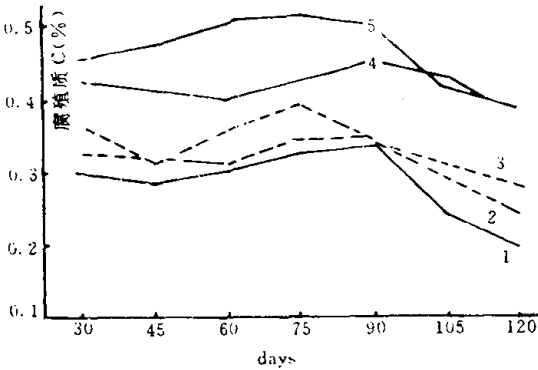
再对供试土壤分析其有机质、全氮和碱解氮其结果如表 1,表明玉米秸秆直接还田比经堆腐后再施用的增加了土壤中的氮素养分,这可能是在堆腐过程中,已经损失了一部分碳和氮。



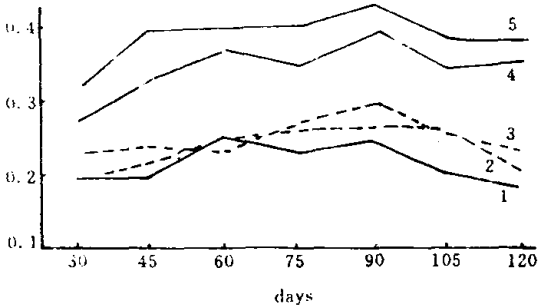
1. 对照 2. 1%腐熟玉米秸秆 3. 3%腐熟玉米秸秆 4. 1%非腐解玉米秸秆 5. 3%非腐解玉米秸秆
图 2 黑土中不同分解时期土壤微生物量的变化



1. 对照 2. 1%腐熟玉米秸秆 3. 3%腐熟玉米秸秆 4. 1%非腐解玉米秸秆 5. 3%非腐解玉米秸秆
图 3 黑钙土中不同分解时期土壤微生物量的变化



1. 对照 2. 1%腐熟玉米秸秆 3. 3%腐熟玉米秸秆 4. 1%非腐解玉米秸秆 5. 3%非腐解玉米秸秆
图 4 黑土中不同分解时期松结合态腐殖质数量的变化



1. 对照 2. 1%腐熟玉米秸秆 3. 3%腐熟玉米秸秆 4. 1%非腐解玉米秸秆 5. 3%非腐解玉米秸秆
图 5 黑钙土中不同分解时期松结合态腐殖质数量的变化

表 1 玉米秸秆堆腐与否对土壤氮的影响

处 理	1987			1988		
	有机质 (%)	全氮 (%)	碱解氮 mg/kg	有机质 (%)	全氮 (%)	碱解氮 mg/kg
对 照	1.48	0.065	63	1.58	0.060	61
施用量 腐解有机物	1.60	0.074	66	1.59	0.065	66
1% 非腐解有机物	1.81	0.075	68	1.65	0.075	69
施用量 腐解有机物	1.81	0.076	72	1.71	0.073	69
3% 非腐解有机物	1.84	0.090	79	1.75	0.089	72

综合上述,玉米秸秆直接还田更有助于改善农田的生态环境,从而改善了土壤的肥沃状况,这就使栽培作物的产量增加。经我们两年在两种土壤上进行的产量对比,均证明

谷子产量有所增加,即应用玉米秸秆直接还田均比施用经腐熟的玉米秸秆有更好的增产效益。其试验结果如表 2。

表 2 玉米秸秆堆腐与否对谷子产量的影响

土 壤	处 理	1987		1988	
		谷粒重(g/盆)	%	谷粒重(g/盆)	%
黑 钙 土	对 照	22	100.0	47	100.0
	施用量 腐熟有机物	37	168.2	56	119.1
	1% 非腐解有机物	41	186.4	61	129.8
	施用量 腐熟有机物	41	186.4	58	123.4
黑 钙 土	3% 非腐解有机物	46	209.1	64	136.2
	对 照	46	100.0	45	100.0
	施用量 腐熟有机物	53	115.2	50	111.1
	1% 非腐解有机物	60	130.4	56	124.4
	施用量 腐熟有机物	58	126.1	53	117.8
	3% 非腐解有机物	62	134.8	62	137.8

3 玉米根茬在农田生态中的重要地位

国内外研究者已在关注作物根系对农田生态的改善,Brady 在他的著作中⁽⁶⁾写道:“栽培者却很少注意到,大量的残根有助于土壤状况改善,实际上在大多数情况下,如果没有这些东西要保持土壤腐殖质是不可能的。”而 Allison⁽⁷⁾则强调在现代农业中“着重点是放在根茬上,而不在于地上部分的残体”,他认为在“许多土壤中单靠根茬就足以保持一个满意的土壤有机质水平。”尤其是“经常种植象玉米那样具有庞大根系的作物,不仅可以提供土壤有机质以原料,而且根系在生长中促进了土壤团聚化。”日本土壤生态学家高井⁽⁸⁾也认为清除根茬会使土壤有机质含量显著降低,在耕地土壤生态系统中应加强研究有关作物根等地下部分的基本问题。

1985 年以来我们对玉米根茬的培肥作用作了较为系统的研究,研究结果证明玉米根茬有比其他作物根茬具有较好的培肥作用,在改善农田生态方面占有重要地位。玉米根茬留在土壤中发挥着非腐解有机物的培肥效应,如在其快速分解阶段土壤生物活性(Biomass C、酶活性)出现了高峰值(图 6、7、8、9)。由于生物活性的增强而形成了较多的新生的腐殖物质(松结合态腐殖质和胡敏酸,图 10、11),即更新了土壤中已渐老化的腐殖物质,发挥着使地力常新的培肥作用。

当我们用¹⁴C 标记对等量干物质的玉米根茬同玉米秸秆进行对比试验时,还发现在重组土壤有机质中,玉米根茬比玉米秸秆增多了松结合态的腐殖物质(图 12、13)。这说明玉米根茬可能比玉米秸秆有更好的培肥效应。

由于土壤中已渐老化的腐殖物质被新生的腐殖物质更新,因而增强了土壤的胶体功能。这可以从两个方面来证明,一是土壤的交换容量(CEC)有明显提高(图 14)。一是土壤中的团聚体(主要是由新生的腐殖质胶结成团聚体)数量增多,而且随根茬留在土壤中的年限(数量)的增多而增多(表 3)。

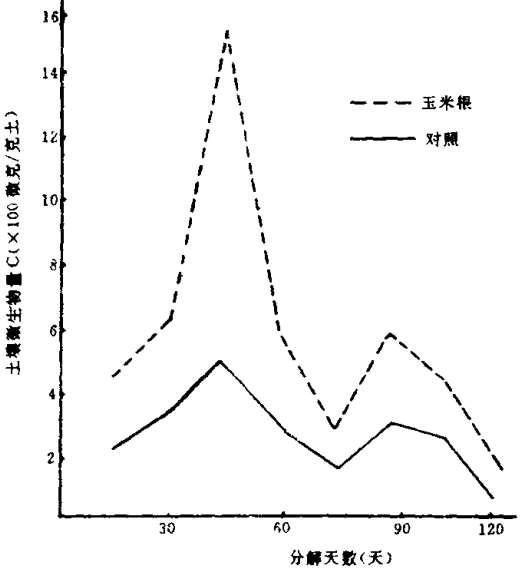


图 6 玉米根系残体对土壤微生物量的影响

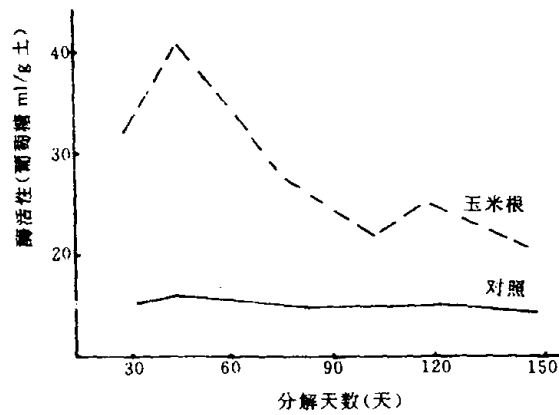


图 7 玉米根残体在土壤中不同分解时期转化酶的变化(黑钙土)

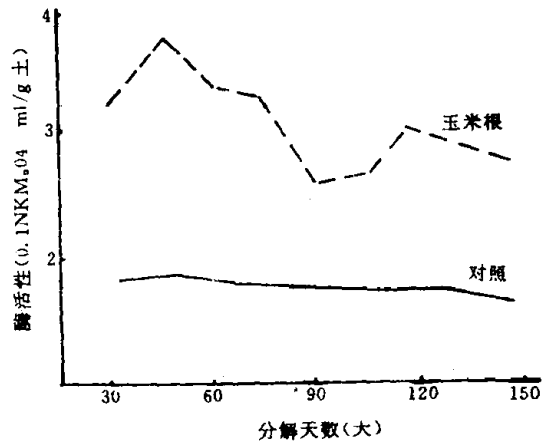


图 8 玉米根残体在土壤中不同分解时期过氧化氢酶的变化(黑钙土)

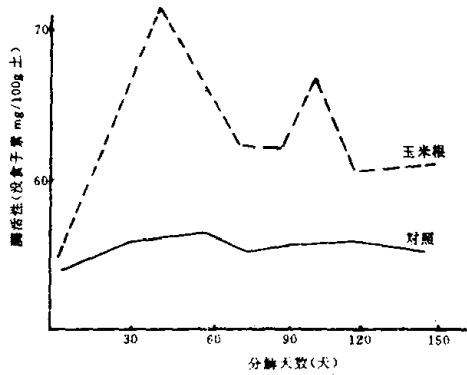


图 9 玉米根残体不同分解时期土壤多酚氧化酶活性的变化(黑钙土)

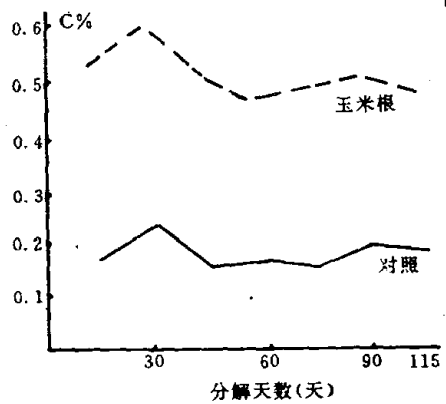


图 10 玉米根残体在土壤中不同分解时期土壤松结合态腐殖质的变化

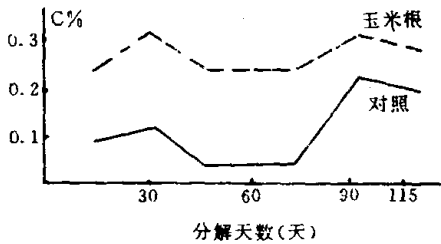


图 11 玉米根系在土壤中不同分解时期土壤松结合态胡敏酸的变化

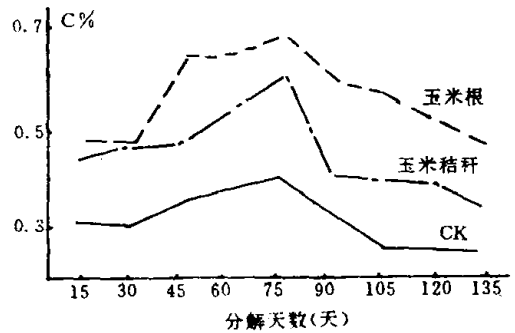


图 12 玉米根茎、秸秆在腐解过程中对土壤松结合态腐殖质形成的作用

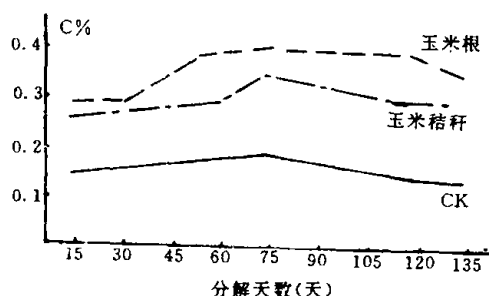


图 13 玉米根、秸秆在腐解过程中对土壤松结合态腐殖质中胡敏酸形成的作用

表 3 玉米留茬与除茬对土壤团聚体(%)的影响

土层深度 (cm)	连作三年玉米 留根茬	连作三年玉米 除根茬	连作二年玉米 留根茬	连作二年玉米 除根茬	一年玉米(豆茬) 留根茬	一年玉米(豆茬) 除根茬
0~10	50.49	45.67	48.56	40.02	43.52	42.62
11~20	61.43	50.35	57.48	49.20	51.73	50.06

根据最近的研究资料,我们发现玉米根茬中的微量元素比玉米秸秆中多几倍,而且玉米根茬在土壤中腐解还提高了微量元素的有效性。

由于玉米根茬对农田生态的改善作用,试验结果表明后作作物产量明显增加,即随着农田生态改善而达到增产的作用(表 4)。

表 4 玉米根茬还田对谷子产量的影响

土 壤	处 理	籽粒产量(g/盆)	增产(%)
黑钙土	对 照	41.6	100.0
	根茬还田	52.0	124.9
黑 土	对 照	47.5	100.0
	根茬还田	57.6	121.3

综上所述,我们认为玉米根茬留在土壤中对改善农田生态意义重大,吉林省已作为重点项目推广应用,并研制了各种型号的灭

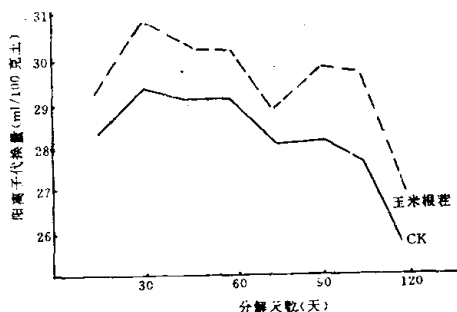


图 14 玉米根系残体在土壤中不同分解时期土壤交换量的变化

茬机,总结各地增产情况可以增产 5% 以上。农业部已在吉林省召开现场会(1991)向全国推广。传统农业认为刨除根茬才算“精耕细作”的种田方法必须改革。

参 考 文 献

- [1] 姜岩等,试论非腐解有机物的培肥作用,《土壤通报》,1988,19 卷 4 期
- [2] 姜岩等,论非腐解有机物培肥土壤的机理与效应,《土壤肥力研究进展》,中国科学院技术出版社,1991
- [3] 姜岩、姜森等,土壤施用有机物料后重组有机质变化规律的探讨 I 及 II,《土壤学报》,1987,1988,24(2),25(3)
- [4] 姜岩等,作物根茬对土壤培肥作用的研究 I 及 II,《吉林农业大学学报》1988,1989,10(3)11,(1)
- [5] 姜岩等,耕地土壤地力衰退的防止与增进地力的农艺措施,《中国土地退化防治研究》,中国科学技术出版社,1990
- [6] Brady, N. C., 1982. 土壤的本质与性状(中译本),科学出版社,99
- [7] Allison F. E., 1973. Soil organic matter and its role in crop production. Developments in Soil Science, Vol. 3
- [8] 高井义雄,论现代农业技术对土壤生态系统的影响,《土壤学进展》,1979,7(5)