

土壤湿度和机械长度对棉花秸秆分解率的影响

韩雅娇¹, 朱新萍¹, 杨宝和¹, K G 卡迪罗夫², 贾宏涛^{1*}

(1.新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2.塔吉克斯坦农业大学农学院, 塔吉克斯坦 杜尚别 734017)

摘要:新疆棉花秸秆产量巨大,但是棉花秸秆的木质素和纤维素含量较高,不易被分解,很难作为饲料利用。本文研究了棉花秸秆在不同条件(土壤水分、棉花机械长度)处理下的分解速率。从土壤水分条件来看,棉花秸秆在50%土壤饱和含水量下的分解最为理想,其分解率在100 d后达到54.08%;从棉花秸秆粉碎程度来看,棉花秸秆粉碎越细越有利于其分解,但是3 cm处理100 d后分解率为54.12%,而1 cm处理100 d后分解率只有47.42%,说明棉花秸秆分解需要一定的孔隙度。另外,棉花秸秆分解之后对土壤肥力也有很大影响。此次试验结果可为推广大田试验提供科学依据。

关键词:土壤湿度;机械长度;棉花秸秆;分解

中图分类号:X712

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2014)01-0069-05

doi: 10.13254/j.jare.2013.0176

Effect of Soil Moisture and Length of Cotton Straw Machinery Processing on Cotton Straw Decomposition

HAN Ya-jiao¹, ZHU Xin-ping¹, YANG Bao-he¹, K G Kadipov², JIA Hong-tao^{1*}

(1.College of Grassland and Environmental Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Agricultural College of Tajikistan Agricultural University, Dushanbe 734017, Tajikistan)

Abstract: The yield of cotton straw is huge in Xinjiang, but it is not easy to be decomposed because the lignin and cellulose content of cotton straw are high, so it can hardly be used as feedstuff. The decomposition rate of cotton stalk in different conditions (soil moisture and length of cotton straw machinery processing) was researched. From the perspective of soil moisture, 50% saturation moisture content was the most ideal condition for cotton stalk decomposition and its decomposition rate was up to 54.08% after 100 days. From perspective of degree of cotton stalk crush, the thinner cotton stalk crushing, the more conducive to their decomposition. But the decomposition rate of 3 cm treatment was 54.12% and only 47.42% for the 1 cm treatment after 100 days. These results demonstrated that cotton stalk decomposition required certain porosity. In addition, the cotton stalk after decomposition would influence greatly on the fertility of soil. Above all, the results of this paper could give a scientific basis for the field experiments of cotton stalk returning to fields.

Keywords: soil moisture; length of machinery processing; cotton straw; decomposition

农作物秸秆是重要的生物资源,含有多种营养元素和宝贵的有机质,是优良的有机肥料^[1],同时也是农业土壤有机碳的重要来源。棉花秸秆是新疆最普遍的有机物料,新疆目前主要是采用秸秆还田的方式,通

过长期积累来提高土壤全量速效养分,改善土壤结构,促进农作物生长发育,提高作物产量,达到养地增肥的作用。目前,土地经过几十年的开发耕种,土壤有机质已严重不足。随着农作物产量的逐年提高,必须相应地增加肥料用量,才能恢复和保持土壤肥力^[2]。农作物秸秆是重要的有机肥源,秸秆还田是培肥地力的有效措施之一。秸秆的分解状况除了与秸秆本身组分有关外,还受到土壤其他条件的制约^[3-8],其中土壤水分条件是关键之一^[9]。此次试验主要是通过对土壤水

收稿日期:2013-10-12

基金项目:新疆自治区研究生科研创新计划项目(XJGRI2013098);国家国际科技合作计划(2010DFA92720-13);中科院战略先导项目(XDA05050504);土壤学新疆重点学科项目

作者简介:韩雅娇,女,硕士研究生。E-mail:hanyajiao1989@163.com

*通信作者:贾宏涛 E-mail:hongtaojia@126.com

分及棉花秸秆粉碎程度的控制来研究棉花秸秆的分解状况,为大面积推广棉花秸秆还田技术提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

棉花秸秆采集自新疆昌吉市佃坝乡镇高峰一队,品种为当地主栽品种,秸秆理化性质见表 1。模拟试验土壤采集自新疆农业大学老满城试验场,土壤类型为灰漠土,土壤质地为砂壤土,土壤有机质含量为 $45.55 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,碱解氮含量为 $25.55 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾含量为 $43.40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷含量为 $7.14 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,电导率为 $264.33 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$,pH 值为 8.46。试验场地 2012 年的月平均温度和降水量如图 1 所示。

表 1 棉花秸秆植物体有机碳及木质素含量的分析结果
Table 1 The results of organic carbon and lignin content in cotton plant

部位	有机碳/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	木质素/%	C/N
根	471.39	17.59	67.34
茎	424.83	19.28	55.53
叶	341.99	15.68	33.82
壳	390.17	30.87	47.29

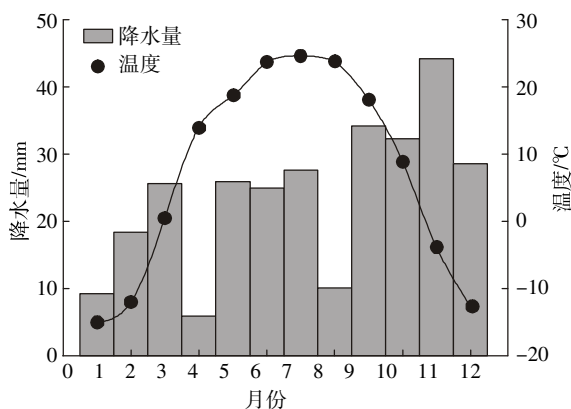


图 1 试验场地 2012 年月平均温度及降水量

Figure 1 The mean temperature and precipitation by the month of experiment field in 2012

1.2 试验设计

试验在网室内进行,为 2 因素(土壤湿度、棉花秸秆粉碎程度)3 水平设计,其中土壤湿度因素设置低湿度(20%饱和含水量)、中湿度(50%饱和含水量)、高湿度(80%饱和含水量)3 个水平;棉花秸秆机械长度设置 1、3、5 cm 3 个水平。试验详细处理:对照组不

施用棉花秸秆,水量与试验方法一致,加入相应的水,以确保土壤水分达到试验要求水分;处理 1、处理 2、处理 3 施用棉花秸秆,分别保持水分达土壤饱和含水量的 80%、50%、20%,每隔 5 d 补水 1 次,做重复 3 个;同时做不同机械长度(1、3、5 cm)的处理。

1.3 试验管理

1.3.1 水分调节

土壤水分控制主要靠称重法来控制每次补水量:将棉花秸秆埋入土壤中后,每隔 5 d 加入一定量的水,确保土壤水分达到试验要求量。工作完成后,每隔 3 d 记录 1 次秸秆腐熟对比情况。

1.3.2 秸秆物理状态

棉花秸秆带回实验室自然风干,之后在 80°C 下烘干 8 h,并剪成 1、3、5 cm 小段,备用。

称取处理好的棉花秸秆 50.0 g 左右,装入网眼大小约为 1 mm 的尼龙网袋(10 cm×20 cm)中,将棉花秸秆装入网袋后缝好网袋。将封好的网袋埋入土壤中(在花盆中掩埋,限制土壤间肥力的转移),埋深为 10 cm 左右,100 d 后取出,测量棉花秸秆的分解率。

1.4 试验方法

1.4.1 土壤样品采集方法

掩埋前,采用多点混合法采取基础土样。取出后,分别在各处理中采取土样。

1.4.2 土壤样品处理及分析方法

对采回的土样进行风干、分选、去杂、磨碎、过筛、混合、装袋、登记等初步处理后,分别对土壤的 pH 值、电导率、有机质、碱解氮、速效磷、速效钾等土壤肥力主要指标进行实验分析。土壤有机质含量测定采用重铬酸钾氧化法;pH 值用酸度计(奥立龙 868, Thermo Orion)测定,水土比为 2.5:1;土壤碱解氮测定采用碱解扩散法;土壤速效磷测定采用碳酸氢钠浸提-硫酸钼锑抗比色法;土壤速效钾测定采用 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{Ac}$ 浸提-火焰光度计法,电导率测定采用电导仪。

1.4.3 植物样品处理及分解率分析测定

对采集回的经掩埋处理的棉花秸秆进行烘干处理,烘至恒重之后分别称重并记录。棉花秸秆碳含量用改进丘林法进行测定,植物体木质素含量用 72%硫酸进行酸解方法测定。秸秆分解率用差重法测定,即掩埋前称重量减去掩埋后称重量的差值除以掩埋前称重量。

1.4.4 数据分析

采用 Excel 2003 软件对试验数据进行处理,采用 SPSS 17.0 软件进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对棉花秸秆分解情况的影响

不同处理下棉花秸秆的分解情况见表 2。
由表 2 可以看出,处理 2 分解较早,在第 15 d 就开始分解,而处理 1 和处理 3 分别在第 21 d、第 27 d 才开始分解,且分解进度很慢。将 3 种处理不同秸秆粒度第 100 d 的分解率分别求平均值,所得结果显示处理 2 的分解率较高,达到 54.08%;而处理 1 和处理 3 在第 100 d 时分解率只有 47.42%和 45.36%,表明秸秆相对分解不完全。

表 2 棉花秸秆分解情况

Table 2 The decomposition of cotton stalk

处理	处理时间	开始分解	分解率	相对分解进度	秸秆分解程度
对照	2011-6-8	—	—	—	—
处理 1	2011-6-8	2011-6-29	47.42%	慢	较差
处理 2	2011-6-8	2011-6-23	54.08%	快	好
处理 3	2011-6-8	2011-7-5	45.36%	慢	较差

2.2 不同处理对土壤养分变化的影响

不同处理下土壤养分的含量见表 3。
从表 3 可以看出,各处理秸秆分解后土壤 pH 值和电导率较分解前分别略有提高和下降,在处理 1 下更为明显,但棉花秸秆分解对土壤 pH 值和电导率影响不大。秸秆各处理土壤养分较秸秆未处理前均有所提高,其中,处理 2 比对照组土壤有机质含量以及氮、磷、钾分别提高了 44.08%、247.20%、115.55%和 35.37%。可见,处理 2 可以使棉花秸秆分解更加彻底,养分释放的更加完全,土壤有效养分提升也更为明显。

2.3 机械长度及水分对棉花秸秆分解的影响

由表 4 可知棉花秸秆在含水量为 50%、长度为 3 cm 时为降解最佳条件,此时棉秆的分解率为 54.08%,与处理 1、处理 3 的结果差异显著。在 2 个试验条件中,实际应用时应优先考虑秸秆机械长度。

表 3 土壤养分含量分析结果

Table 3 The results of nutrition content in soil

处理	有机质/g·kg ⁻¹	碱解氮/mg·kg ⁻¹	速效钾/mg·kg ⁻¹	速效磷/mg·kg ⁻¹	电导率/μS·cm ⁻¹	pH 值
对照	45.55±3.74a	25.55±1.72a	43.4±3.15a	7.14±0.28a	264.33±21.46b	8.46±0.06a
处理 1	54.59±1.72b	69.46±7.62c	54.13±0.26bc	15.22±1.78b	235.33±12.29a	8.49±0.61a
处理 2	65.63±1.91c	88.71±0.81d	58.75±2.86c	15.39±1.62b	241.67±9.01ab	8.53±0.96a
处理 3	46.73±1.43a	58.96±3.16b	51.2±3.06b	15.2±1.13b	263.33±9.89b	8.47±0.62a

注:同列内不同小写字母表示各处理在 $P<0.05$ 下差异显著。
Note: the different lower case letters show significant difference at the $P<0.05$ between each treatment.

表 4 不同处理下秸秆分解率

Table 4 The decomposition ratio of cotton stalk in different treatments

处理	试验号	含水量/%	机械长度/cm	分解率/%
处理 3	1	20	1	40.04±1.92aA
	2	20	3	45.36±1.10abcAB
	3	20	5	39.35±1.92aA
处理 2	4	50	1	49.21±2.40cdBC
	5	50	3	54.08±2.35dC
	6	50	5	43.12±0.616abcAB
处理 1	7	80	1	45.34±2.11abcAB
	8	80	3	47.42±2.49bcABC
	9	80	5	41.52±1.71abAB
	K1	41.58	44.86	
	K2	48.80	48.95	
	K3	44.76	41.33	
极差		7.22	7.62	

注:不同大写字母表示各处理在 $P<0.01$ 下差异显著;不同小写字母表示各处理在 $P<0.05$ 下差异显著。K1、K2、K3 分别代表秸秆含水量 20%、50%、80% 以及秸秆机械长度为 1、3、5 cm 的秸秆降解率的平均值。
Note: the different upper case letters show significant difference at the $P<0.01$ between each treatment; the different lower case letters show significant difference at the $P<0.05$ between each treatment. The K1, K2, K3 mean the average value of decomposition under 20%, 50%, 80% soil moisture and 1,3,5 cm length of cotton straw machinery processing, respectively.

3 讨论

刘波^[10]的研究结果表明,秸秆快速降解的生产条件水分控制为 60% 时,为最佳条件,这与本试验研究结果非常接近。秸秆含水率过低会使秸秆中的微生物生长受到抑制,而秸秆含水率过高又会影响到 O₂ 通入、产生的 CO₂ 排出以及热量的散失,影响秸秆降解。左玉萍等^[11]在土壤含水量对秸秆分解的影响及动态变化研究中发现秸秆在初期分解量较大,需要水分较多,因此土壤水分含量主要影响秸秆前期的分解。本试验中,中等水分含量的秸秆分解率最高、分解最早、进程最快,与左玉萍的研究结论一致。

曾木祥等^[12]研究指出,在中国主要农区秸秆还田,虽然在还田的数量、方式和方法不同,但都能取得较好的增产效果,都有改良土壤、培肥地力的作用,覆盖还田还有蓄水保墒、调节地温、抑制杂草生长等作用。张静等^[13]也有研究表明,秸秆还田能够提高土壤有机质含量,降低土壤中氮的流失,加强土壤微生物对碳、氮的固持以及供给作用,实现土壤供肥水平的提高。本试验中3个处理秸秆分解后土壤氮、磷、钾以及有机质含量均有提高,秸秆中含有大量的纤维素和木质素,土壤中的微生物通过一系列的生理活动,将纤维素和木质素转化养分释放到土壤中。这也与况陵生^[14]和劳秀荣等^[15]的研究结果一致,即秸秆还田可改善土壤通透性,提高土壤生产潜力和持续增产。

综上所述,秸秆还田的前景广阔,我国棉花耕种面积460万hm²,而新疆是我国重要的产棉区,新疆的棉花耕种面积达到1.23万hm²。按每公顷棉花秸秆产量600kg计算,每年全国棉花秸秆产量约为2760万t。这么大量的原料无论是作为农业生产秸秆还田养地,还是作为畜牧业高档饲料及工业产品原料,都将是丰富的、具有较高利用价值的原料资源^[16-17]。因此,对棉花秸秆有效、高效的利用,对发展农村经济和环境保护都有积极的影响。研究发现棉花秸秆分解仍需要添加一定量的肥料,以便促进其分解,获得更大的养分补给,对于新疆秸秆还田最适宜的肥料补充区间需要进一步研究。新疆作为我国主要的产棉基地,秸秆还田是新疆重要的农业管理措施之一,可以有效地提高土壤有机质的含量,减缓温室效应^[18-20]。因此,在新疆研究棉花秸秆还田具有一定的战略意义。

4 结论

(1)从土壤水分情况来看,棉花秸秆在50%饱和含水量处理下的分解情况最为理想,在第100d时,棉花秸秆分解率达到54.08%,秸秆含水率过高或者过低都不利于其分解。

(2)从棉花秸秆粉碎程度来看,棉花秸秆粉碎的越细越有利于其分解,但是3cm处理100d后分解率达到54.08%,而1cm处理100d后分解率只有47.42%,说明棉花秸秆分解需要一定的孔隙度。

(3)棉花分解之后对土壤肥力也有很大影响,3个处理秸秆分解后土壤氮、磷、钾以及有机质含量均有提高,说明秸秆还田有利于提高土壤肥力。

参考文献:

- [1] 黄耀,刘世良,沈其荣,等.环境因子对农业土壤有机碳分解的影响[J].应用生态学报,2002,13(6):709-714.
HUANG Yao, LIU Shi-liang, SHEN Qi-rong, et al. Influence of environmental factors on the decomposition of organic carbon in agricultural soils[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(6):709-714. (in Chinese)
- [2] 关松,窦森,王玉珍.培养条件下CO₂对施入玉米秸秆后土壤有机质的影响[J].吉林农业大学学报,2006,28(3):296-302.
GUAN Song, DOU Sen, WANG Yu-zhen. Effects of carbon dioxide on soil organic matter in soil applied with corn stalk under incubation[J]. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2006, 28(3):296-302. (in Chinese)
- [3] 王增丽,王珍,冯浩.预处理秸秆对土壤蒸发及秸秆分解率的影响[J].排灌机械工程学报,2013,31(9):816-821.
WANG Zeng-li, WANG Zhen, FENG Hao. Effects of pretreated straws on soil evaporation and straw decomposition rate[J]. *Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering*, 2013, 31(9):816-821. (in Chinese)
- [4] 张电学,韩志卿,李东坡,等.不同促腐条件下秸秆还田对土壤微生物量碳氮磷动态变化的影响[J].应用生态学报,2005,16(10):1903-1908.
ZHANG Dian-xue, HAN Zhi-qing, LI Dong-po, et al. Effects of returning maize straw into field on dynamic change of soil microbial biomass C, N, P under different promoted decay condition[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(10):1903-1908. (in Chinese)
- [5] 李春霞,陈阜.秸秆还田与耕作方式对土壤酶活性动态变化的影响[J].河南农业科学,2006,11:67-70.
LI Chun-xia, CHEN Fu. Effects of straw return and farming methods on soil enzyme activity dynamic change[J]. *Henan Agriculture Science*, 2006, 11:67-70. (in Chinese)
- [6] 刘国义,林琪,王月福,等.秸秆还田与氮肥耦合对冬小麦光合特性及产量形成的影响[J].中国生态农业学报,2007,15(1):42-44.
LIU Guo-yi, LIN Qi, WANG Yue-fu, et al. Effects of coupling of straw return and nitrogen fertilizer on photosynthetic characters and yield of winter wheat[J]. *Chinese Journal of Eco-agriculture*, 2007, 15(1):42-44. (in Chinese)
- [7] 周波,刘登民.长期秸秆还田及休闲处理对土壤肥力的影响[J].安徽农业科学,2008,36(36):16015-16019.
ZHOU Bo, LIU Deng-min. Effect of returning straw to field in long time and fallowing treatment on soil fertility[J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2008, 36(36):16015-16019. (in Chinese)

- [8] 王海景,康海东.秸秆还田对土壤有机质含量的影响[J].山西农业科学,2009,37(10):42-45.
- WANG Hai-jing, KANG Hai-dong. Effects of stalk mulch to soil organic matter level [J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2009, 37(10):42-45. (in Chinese)
- [9] 贾宏涛,程路明,董巨河,等.土壤条件对棉花秸秆分解的影响[J].新疆农业大学学报,2007,30(4):91-93.
- JIA Hong-tao, CHENG Lu-ming, DONG Ju-he, et al. Impact of soil conditions on decomposition of cotton stalk[J]. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 2007, 30(4):91-93. (in Chinese)
- [10] 刘波. 秸秆腐解最佳条件的研究[J].黑龙江环境通报,2003(1):84-85.
- LIU Bo. Research on optimum condition of straw depravity [J]. *Heilongjiang Environmental Journal*, 2003(1):84-85. (in Chinese)
- [11] 左玉萍,贾志宽.土壤含水量对秸秆分解的影响及动态变化[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2004,32(5):61-63.
- ZUO Yu-ping, JIA Zhi-kuan. Effect of soil moisture content on straw decomposing and its dynamic changes[J]. *Journal of Northwest Science and Technology University of Agricultural and Forestry: Natural Science Edition*, 2004, 32(5):61-63. (in Chinese)
- [12] 曾木祥,王蓉芳,彭世琪,等.我国主要农区秸秆还田试验总结[J].土壤通报,2002,33(5):336-339.
- ZENG Mu-xiang, WANG Rong-fang, PENG Shi-qi, et al. Summary of returning straw into field of main agricultural areas in China [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2002, 33(5):336-339. (in Chinese)
- [13] 张静,温晓霞,廖允成,等.不同玉米秸秆还田量对土壤肥力及冬小麦产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(3):612-619.
- ZHANG Jing, WEN Xiao-xia, LIAO Yun-cheng, et al. Effects of different amount of maize straw returning on soil fertility and yield of winter wheat[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2010, 16(3):612-619. (in Chinese)
- [14] 况陵生.麦秆还田对提高土壤肥力效应的研究[J].土壤肥料,1986(2):26-30.
- KUANG Ling-sheng. Research of returning straw to field on improving soil fertility[J]. *Soil Fertilizer*, 1986(2):26-30. (in Chinese)
- [15] 劳秀荣,吴子一,高燕春.长期秸秆还田改土培肥效应的研究[J].农业工程学报,2002(2):49-52.
- LAO Xiu-rong, WU Zi-yi, GAO Yan-chun. Effect of long-term returning straw to soil on soil fertility [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2002(2):49-52. (in Chinese)
- [16] 刘娣,范丙全,龚明波.秸秆还田技术在中国生态农业发展中的作用[J].中国农学通报,2008,24(6):404-407.
- LIU Di, FAN Bing-quan, GONG Ming-bo. The role of technology of straw returning to field in developing ecological agriculture[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008, 24(6):404-407. (in Chinese)
- [17] 闻杰,王聪翔,侯立白,等.秸秆还田对农田土壤风蚀影响的试验研究[J].土壤学报,2005,42(4):678-681.
- WEN Jie, WANG Cong-xiang, HOU Li-bai, et al. Experimental study on soil erosion by wind under straw returned to field[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2005, 42(4):678-681. (in Chinese)
- [18] Aiyar A, Xiang Y, Leis J. Site-directed mutagenesis using overlap extension PCR [J]. *Methods Mol Biol*, 1996, 57: 177-191.
- [19] 刘伯衡,田丽萍.以棉养田在发展新疆现代集约持续农业中的作用[J].石河子大学学报:自然科学版,1998,S1:34-40.
- LIU Bo-heng, TIAN Li-ping. The function of take cotton stalk and seed-kernel cake as base manure for develop modern intensive sustained farming in Xinjiang[J]. *Journal of Shihezi University: Natural Science*, 1998, S1: 34-40. (in Chinese)
- [20] 付丽波,王丽.秸秆和氮肥配合施用对高肥力植烟土壤理化性质的影响[J].华中农业大学学报,2004,23(3):295-299.
- FU Li-bo, WANG Li. Effect of wheat straw on physical and chemical properties in fertile soil planted flue-cured tobacco[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2004, 23(3):295-299. (in Chinese)