

河西绿洲灌区玉米秸秆带膜还田腐解特征研究

卢秉林, 车宗贤*, 包兴国, 胡志桥, 张久东, 杨文玉, 李全福

甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070

摘要:为探讨河西绿洲灌区玉米秸秆带膜还田时的腐解规律,采用尼龙网袋法,对不同带膜还田模式下玉米秸秆的腐解特征进行研究,旨在为当地玉米秸秆还田提供理论依据和技术指导。结果表明:土壤温度是影响当地玉米秸秆腐解的主要因素,经过180 d 腐解后,各还田处理秸秆的腐解率均在50%以上,其中翻压处理的腐解率(67.5%~76.0%)高于覆盖处理(50.5%~59.0%),而且腐解主要发生在还田后的30~120 d。秸秆在还田前期(前60 d)会与作物争夺土壤氮素,但是在还田后期会释放一定氮素,而且翻压和粉碎还田释放的氮素要高于覆盖和整株还田。从秸秆完全腐解的预测时间看,整株半量翻压、整株半量覆盖、粉碎半量翻压、粉碎全量翻压、粉碎半量覆盖和粉碎全量覆盖处理分别需要247、326、212、227、277和299 d 才能完全腐解,可见,在河西绿洲灌区实行带膜还田前景广阔,而且翻压优于覆盖,粉碎优于整株,半量优于全量。

关键词:河西绿洲灌区;带膜还田;玉米秸秆;腐解特征

中图分类号:S141.4

文献标志码:A

文章编号:1674-5906(2012)07-1262-04

我国是一个农业大国,秸秆资源非常丰富,每年约产 7×10^8 t,其中约含氮 3×10^6 t,含磷 7×10^5 t,含钾 7×10^6 t,相当于我国目前化肥施用量的1/4,而且秸秆中含有大量微量元素^[1-2]。伴随着农业科学技术的进步,农作物单产和复种指数不断提高,农作物秸秆产量也随之增加。同时,农村劳动力大量外出务工和燃料结构的变化,使得农业秸秆资源过剩问题日趋突出,秸秆堆积或焚烧,不但浪费资源,而且影响城乡空气环境及交通安全。另一方面,随着化肥的大量应用,也带来诸多弊端,如肥料利用率降低、经济效益下降、土壤生态系统遭到破坏等^[3-6]。秸秆还田是保护性耕作技术的核心内容,能有效增加土壤有机质含量,改善土壤结构,蓄集自然降水、减少自然蒸发,培肥地力,特别是对缓解我国土壤氮磷钾比例失调的矛盾,弥补磷钾肥不足,减少化肥用量,消除秸秆焚烧造成的大气污染,净化农村环境,保护生态环境,实现农业可持续发展具有十分重要的意义^[7-13]。但是作物秸秆中的蜡质、木质素、硅胶等物质致使秸秆难以被土壤微生物快速分解,如若使用不当,不但不能被当季作物作为肥源,而且还会对当季作物产生诸如减产等不良后果^[14]。在我国西北旱区,虽然政府和科研部门多年来也在致力推广秸秆还田,但是由于还田秸秆腐解难,与作物争夺氮源,影响作物生长,负效应明显,基于这些问题,本研究团队在大量查阅资料的基础上,进行了一定量的秸秆还田试验研究,试验的初步结果表明,在我国西北旱区进行秸秆带膜还田是

一个不错的发展方向,秸秆带膜还田是将秸秆呈带状还田,还于作物种植行之间,上面覆地膜,这种还田方式将秸秆还田区和种植区进行了分离,能够很好地解决还田秸秆腐解时间短、还田秸秆与种植作物争夺氮源的问题,为此,本试验采用尼龙网袋法对河西绿洲灌区玉米秸秆带膜还田腐解特征进行研究,旨在为河西地区玉米秸秆还田提供理论依据和技术指导。

1 材料与方法

试验于2011年在甘肃农科院土壤肥料与节水农业研究所白云试验站进行,种植作物为大田平作玉米,4月10日播种,10月11日收获,播量为 $75\ 000$ 株 $\cdot\text{hm}^{-2}$,采用宽窄行种植,玉米带行距为40 cm,带间距为80 cm,玉米秸秆于4月11日进行带膜还田。试验共设7个处理,3次重复,小区面积为 $6\text{ m}\times 5\text{ m}=30\text{ m}^2$ 。处理1:不还田(CK);处理2:整株半量翻压(1/2WB);处理3:整株半量覆盖(1/2WM);处理4:粉碎半量翻压(1/2CB);处理5:粉碎全量翻压(CB);处理6:粉碎半量覆盖(1/2CM);处理7:粉碎全量覆盖(CM),其中秸秆还田全量(干质量) $13\ 500\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 是根据当地平均玉米籽粒产量(干质量) $13\ 500\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,经济系数0.5换算所得,粉碎秸秆长度为5~10 cm左右。秸秆在还田时均用2%的尿素溶液将其喷湿,翻压处理是先将秸秆翻压于玉米带之间的10 cm土层下,然后在上覆地膜,覆盖处理是将秸秆铺设于玉米带之间,直接在上覆地膜,同时每小区埋设装有200 g秸秆的尼

基金项目:国家科技支撑计划(2012BAD05B03);甘肃省农科院科技创新专项(2011GAAS06-1)

作者简介:卢秉林(1979年生),男,助理研究员,主要从事生态农业方面的研究工作。E-mail:lbhappy@163.com

*通信作者:车宗贤,研究员,主要从事土壤肥料与节水农业方面的研究工作。E-mail:chezongxian@163.com

收稿日期:2012-06-06

龙网袋(200目)8个,用于取样检测。

在试验期间,利用8721型手持式温湿度计在每月20日的8:00、11:00、14:00、17:00和20:00对各处理网袋埋设层的温度和湿度进行测定,同时在当日11时进行取样,样品洗净后80℃烘干,利用失重法测定秸秆腐解率,并采用常规分析法测定^[15]秸秆的全氮和全碳含量。根据秸秆腐解残留量和含氮量,按下式计算秸秆腐解率、残留氮量和有机碳分解率:

腐解率=(Wi-Wf)/Wi×100%;

残留氮量/g= Wf×Nf。

有机碳分解率=[(Wi×Ci-Wf×Cf)/Wi×Ci]×100%

式中:Wi为对应时期的秸秆初始质量,kg;Ci为对应时期的秸秆初始含碳量,g·kg⁻¹;Wf为对应时期的秸秆残留量,kg;Nf为对应时期秸秆含氮量,g·kg⁻¹;Cf为对应时期秸秆含碳量,g·kg⁻¹。

文中数据采用Excel和DPS 3.01软件进行处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 玉米秸秆带膜还田对秸秆腐解率的影响

由图1可以看出,不同还田方式下还田秸秆的腐解速率是粉碎快于整株,翻压快于覆盖,半量快于全量,这是因为粉碎、翻压和半量秸秆还田与整株、覆盖和全量还田处理相比,与土壤接触面积大,温湿度相对适宜,有利于微生物活动,从而加快了秸秆腐解,而且整株秸秆无论是翻压还是覆盖还田,都因为其组织结构相对比较完整,从而腐解速率慢于粉碎秸秆。在经过180 d腐解后,各还田处理的腐解率都在50%以上,其中粉碎半量翻压的秸秆腐解率最高,为76.0%,而且各处理的腐解主要发生在还田后的30~120 d。

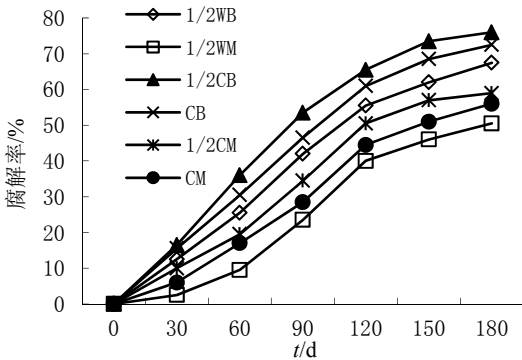


图1 玉米秸秆带膜还田对秸秆腐解率的影响

Fig.1 Effect of corn straw return to planting row above cover plastic film on decomposition rate

2.2 玉米秸秆带膜还田时土壤温湿度与秸秆腐解率的关系

对玉米秸秆带膜还田时土壤温湿度与秸秆腐

解率进行回归分析表明(表1),土壤温湿度与玉米秸秆腐解率成一定程度的抛物线关系,而且相关性达到极显著,说明土壤温度是影响当地玉米秸秆腐解速率的主要因素,可能是因为相对较高的土壤温度能提高土壤微生物的活性,加速秸秆的分解,这与江晓东等^[8]的研究结果相一致。而土壤湿度对还田玉米秸秆腐解率的影响较小,相关性未达到显著水平,这可能是由于在整个试验期间进行了5次灌水,为秸秆提供了相对较高的湿度环境,从而使湿度不再是还田秸秆腐解的限制因素。王宏燕等^[16]在人工控制降水量的条件下研究有机肥腐解与土壤水分的关系时也得出了相同的结论,他们的研究表明,当降水量达到578 mm时,有机肥腐殖化系数变化速率为零,继续增加降水量,将会出现弱负值。同时从回归方程可以看出,整株半量翻压、整株半量覆盖、粉碎半量翻压、粉碎全量翻压、粉碎半量覆盖和粉碎全量覆盖处理分别在土壤温度为78.96、34.57、47.36、39.13、38.76和36.59℃时达到最高的秸秆腐解率20.77%、11.42%、19.43%、16.11%、13.74%和12.10%,而在土壤温度低于最佳温度时,秸秆腐解率与土壤温度呈显著正相关,其中翻压处理秸秆腐解的最佳温度和最大腐解率均要高于覆盖处理,可见,翻压还田时通过增加土壤温度来加快腐解速率的潜力要大于覆盖还田,而且翻压还田相比覆盖还田更有利于秸秆腐解。

表1 玉米秸秆带膜还田时土壤温湿度与秸秆腐解率的关系
Table 1 The relationship between soil temperature and moisture with corn straw decomposition rate of straw return to planting row above cover plastic film

项目	处理	回归方程	r ²
温度	1/2WB	y = -0.0028 x ² + 0.4422 x + 3.3082	0.6853**
	1/2WM	y = -0.0091 x ² + 0.6291 x + 0.5434	0.3075**
	1/2CB	y = -0.0088 x ² + 0.8336 x - 0.3127	0.6624**
	CB	y = -0.0099 x ² + 0.7748 x + 0.9472	0.7115**
	1/2CM	y = -0.0096 x ² + 0.7442 x - 0.6847	0.6272**
	CM	y = -0.0075 x ² + 0.5489 x + 2.0527	0.4438**
湿度	1/2WB	y = 0.0069 x ² - 0.98 x + 44.171	0.1536
	1/2WM	y = -0.0059 x ² + 0.837 x - 19.849	0.1003
	1/2CB	y = 0.007 x ² - 0.9802 x + 44.78	0.0825
	CB	y = 0.0037 x ² - 0.4379 x + 22.014	0.1255
	1/2CM	y = 0.002 x ² - 0.2646 x + 18.307	0.0110
	CM	y = -0.0025 x ² + 0.3682 x - 3.7938	0.0419

2.3 玉米秸秆带膜还田对秸秆全氮残留量的影响

由图2可以看出,所有处理在还田后的前60 d,全氮含量均要高于还田秸秆起始的全氮含量,说明玉米秸秆在还田前期会吸收部分土壤氮素,所以在实际生产过程中,要对还田秸秆补充一定的外部氮源,以免还田秸秆与作物抢夺土壤氮素而导致减产。在试验结束时,所有处理的秸秆残留氮量均低

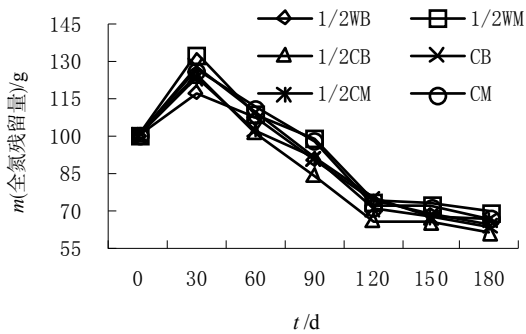


图2 玉米秸秆带膜还田对秸秆全氮残留量的影响

Fig.2 Effect of corn straw return to planting row above cover plastic film on the content of residual nitrogen

于还田初期,说明还田秸秆在还田后期可释放一定氮素供作物生长之需,而且覆盖处理的秸秆残留氮量均要高于翻压处理,整株高于粉碎,这是因为覆盖和整株还田处理在试验结束时的秸秆残留量高于翻压和粉碎处理造成的,同时也说明,翻压和粉碎还田对当季作物提供的氮素要高于覆盖和整株还田。

2.4 玉米秸秆带膜还田对秸秆有机碳分解率的影响

由图3可以看出,不同还田方式下玉米秸秆有机碳分解率随还田时间呈上升趋势,经过180 d降解后,还田秸秆有机碳的分解率达到了49.81%~73.35%,由于秸秆的含碳量较高,所以秸秆还田对于增加土壤有机质意义重大,而且粉碎快于整株,翻压快于覆盖,半量快于全量,其中半量粉碎翻压处理的分解率最高,为73.35%。

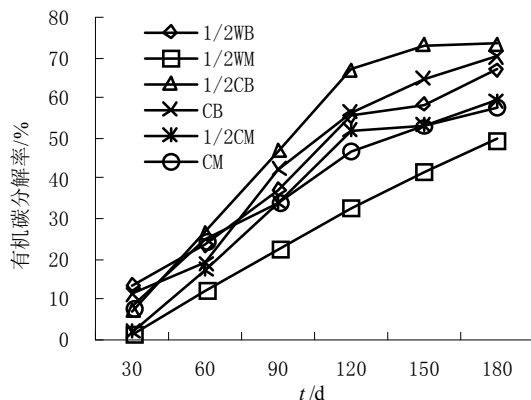


图3 玉米秸秆带膜还田对秸秆有机碳分解率的影响

Fig.3 Effect of corn straw return to planting row above cover plastic film on decomposition rate of organic carbon in corn straw

2.5 玉米秸秆带膜还田时秸秆完全腐解的时间预测

对秸秆还田时间与腐解速度进行回归分析表明(表1),时间与秸秆腐解率具有显著相关性,所以可以根据回归曲线对秸秆腐解速度进行预测。从预测结果看,整株半量翻压、整株半量覆盖、粉碎半

量翻压、粉碎全量翻压、粉碎半量覆盖和粉碎全量覆盖处理的玉米秸秆完全腐解分别需要247、326、212、227、277和299 d,其中翻压还田(212~247 d)快于覆盖还田(277~326 d)。同时,本试验中 fastest 还田模式的秸秆腐解也需要212 d,而在河西绿洲灌区玉米连作的休闲期约为180 d左右,而且休闲期内要经过一个寒冷的冬季,环境温度普遍较低,不利于秸秆腐解,可见在河西绿洲灌区实行带膜还田前景广阔。

表2 玉米秸秆带膜还田腐解时间与腐解率的回归分析

Table 2 Regression analysis between decomposition rate and decomposition time of corn straw return to planting row above cover plastic film

还田方式	回归方程	r^2	预测时间/d
1/2WB	$y=0.3946x+2.3393$	0.9766	247
1/2WM	$y=0.3202x-4.25$	0.9612	326
1/2CB	$y=0.4423x+6.0536$	0.9518	212
CB	$y=0.4214x+4.1429$	0.9704	227
1/2CM	$y=0.3595x+0.5714$	0.9692	277
CM	$y=0.3399x-1.5893$	0.9810	299

3 结论

(1) 在河西绿洲灌区进行玉米秸秆带膜还田时,土壤温度是影响玉米秸秆腐解的主要因素,土壤湿度对其影响较小,经过180 d降解后,各还田处理的秸秆腐解率均在50%以上,其中翻压处理的腐解率(67.5%~76.0%)高于覆盖处理(50.5%~59.0%),而且腐解主要发生在还田后的30~120 d。

(2) 玉米秸秆还田前期(前60 d)会与作物争夺土壤氮素,在实际生产中,要在还田前期补充一定的外部氮源,以免还田秸秆与作物抢夺氮素而导致减产。在还田后期,还田秸秆会释放一定氮素供作物生长之需,可以适当减少化学氮肥用量,而且翻压和粉碎还田对当季作物提供的氮素要高于覆盖和整株还田。

(3) 从预测结果看,整株半量翻压、整株半量覆盖、粉碎半量翻压、粉碎全量翻压、粉碎半量覆盖和粉碎全量覆盖处理的玉米秸秆完全腐解分别需要247、326、212、227、277和299 d,其中翻压还田快于覆盖还田。

(4) 可见,在河西绿洲灌区实行带膜还田前景广阔,而且翻压效果优于覆盖,粉碎优于整株,半量优于全量。

参考文献:

- [1] 时连辉, 韩国华, 张志国, 等. 秸秆腐解物覆盖对园林土壤理化性质的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(1): 113-117.
SHI Lianhui, HAN Guohua, ZHANG Zhiguo, et al. Effect of mulching with straw composts on soil properties of landscape[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(1): 113-117.

- [2] 王旭东, 陈鲜妮, 王彩霞, 等. 农田不同肥力条件下玉米秸秆腐解效果[J]. 农业工程学报, 2009, 25(10):252-257.
WANG Xudong, CHEN Xianni, WANG Caixia, et al. Decomposition of corn stalk in cropland with different fertility[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(10):252-257.
- [3] 毕于运, 寇建平, 王道龙, 等. 中国秸秆资源综合利用技术[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2008.
- [4] Peng S B, BURESH R J, HUANG J L, et al. Strategies for overcoming low agronomic nitrogen use efficiency in irrigated rice systems in China[J]. Field Crops Res, 2006, 96: 37-47.
- [5] Blazier M A, Patterson W B, Hotard S L. Straw harvesting, fertilization, and fertilizer type alter soil microbiological and physical properties in a loblolly pine plantation in the mid-south USA[J]. Biology and Fertility of Soils, 2008, 45(2):145-153.
- [6] Li L J, Wang Y, Zhang Q. Wheat straw burning and its associated impacts on Beijing air quality[J]. Science in China Series D: Earth Sciences, 2008, 51(3): 403-414.
- [7] 张亚丽, 吕家珑, 金继运, 等. 施肥与秸秆还田对土壤肥力质量及春小麦品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(2):307-314.
ZHANG Yali, LÜ Jialong, JIN Jiyun, et al. Effects of chemical fertilizer and straw return on soil fertility and spring wheat quality[J]. Plant nutrition and fertilizer science, 2012, 18(2): 307-314.
- [8] 江晓东, 迟淑筠, 王芸, 等. 少免耕对小麦/玉米农田玉米还田秸秆腐解的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(10): 247-251.
JIANG Xiaodong, CHI Shuyun, WANG Yun, et al. Effect of less tillage and no-tillage patterns on decomposition of returned maize straw in wheat/maize system[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(10): 247-251.
- [9] 谭德水, 金继运, 黄绍文, 等. 长期施钾与秸秆还田对华北潮土和褐土区作物产量及土壤钾素的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(1): 106-112.
TAN Deshui, JIN Jiyun, HUANG Shaowen, et al. Effect of long-term application of potassium fertilizer and wheat straw to soil on yield of crops and soil potassium in fluvo-aquic soil and brown soil of northcentral China[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2008, 14(1): 106-112.
- [10] 戴志刚, 鲁剑巍, 李小坤, 等. 不同作物还田秸秆的养分释放特征试验[J]. 农业工程学报, 2010, 26(6): 272-276.
DAI Zhigang, LU Jianwei, LI Xiaokun, et al. Nutrient release characteristics of different crop straws manure[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(6): 272-276.
- [11] 詹其厚, 袁朝良, 张效朴. 有机物料对砂姜黑土的改良效应及其机制[J]. 土壤学报, 2003, 40(3): 420-425.
ZHAN Qihou, YUAN Chaoliang, ZHANG Xiaopu. Ameliorative effect and mechanism of organic materials on vertisol[J]. Acta Pedologica Sinica, 2003, 40(3): 420-425.
- [12] 张晓文, 赵改宾, 杨仁全, 等. 农作物秸秆在循环经济中的综合利用[J]. 农业工程学报, 2006, 22(增1): 107-109.
ZHANG Xiaowen, ZHAO Gaibin, YANG Renquan, et al. Comprehensive utilization of agricultural straws in recycle economy[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(Suppl): 107-109.
- [13] 胡宏祥, 程燕, 马友华, 等. 油菜秸秆还田腐解变化特征及其培肥土壤的作用[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(3): 297-302.
HU Hongxiang, CHENG Yan, MA Youhua, et al. Decomposition characteristics of returned rapeseed straw in soil and effects on soil fertility[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2012, 20(3): 297-302.
- [14] 徐勇, 沈其荣, 钟增涛, 等. 化学处理和微生物混合培养对水稻秸秆腐解和组分变化的影响[J]. 中国农业科学, 2003, 36(1): 59-65.
XU Yong, SHEN Qirong, ZHONG Zengtao, et al. Effect of chemical treatment and microbial incubation on the decomposition and component changes of rice (*oryza sativa* L.) straw[J]. Scientia agricultura sinica, 2003, 36(1): 59-65.
- [15] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科学出版社, 2000.
- [16] 王宏燕, 彭驰, 侯中田. 降水和地积温对有机肥腐解的动态分析[J]. 东北农业大学学报, 1996, 27(1): 20-25.

Decomposition characteristics of corn straw return to planting row above cover plastic film in Hexi Oasis Irrigation

LU Binglin, CHE Zongxian*, BAO Xingguo, HU Zhiqiao, ZHANG Jiudong, YANG Wenyu, LI Quanfu

Institute of Soil, Fertilizer and Water Saving Agricultural, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China

Abstract: This study intends to investigate decomposition changes of corn straw return to planting row above cover plastic film in Hexi Oasis Irrigation. Nylon net bags was used to study decomposition characteristics of corn straw under different return to planting row above cover plastic film methods, and aims to provide a theoretical basis and technical guidance for local corn straw return to field. The results showed that, soil temperature was the main influencing factor of local corn straw decomposition. After 180 days decomposition, all treatments the decomposition rate were more than 50%, the decomposition rate of straw-buried treatments (67.5%-76.0%) higher than straw-mulched treatments (50.5%-59.0%), and decomposition mainly occurred in straw return to field after 30 to 120 days. Before 60 days straw return to field stage, straw and crop competition for soil nitrogen, straw would release some nitrogen in the later date, straw-buried and straw-crushed return to field the content of nitrogen releasing were higher than straw-mulched and whole plant return to field, respectively. From straw completely decomposition prediction time, the half amount of whole plant straw-buried, the half amount of whole plant straw-mulched, the half amount of straw-crushed and straw-buried, the total of straw-crushed and straw-buried, the half amount of straw-crushed and straw-mulched, the total of straw-crushed and straw-mulched were completely decomposed to 247, 326, 212, 227, 277 and 299 d, respectively. To implement corn straw return to planting row above cover plastic film have broad prospects in the Hexi Oasis Irrigation, and straw-buried better than straw-mulched, straw-crushed better than the whole plant, the half amount straw return to field better than the total.

Key words: Hexi oasis irrigation; straw return to planting row above cover plastic film; corn straw; decomposition characteristics