

室内模拟条件下玉米秸秆的分解特征及物质组成变化

赵 聪^{1,2}, 曹莹菲^{1,2}, 刘 克^{1,2}, 薛泉宏^{1,2}, 吕家珑^{1,2}

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 农业部西北植物营养与农业环境重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:以玉米秸秆为材料,研究了在室内模拟的条件下不同处理的玉米秸秆的腐解率、粗纤维以及全钾含量的变化。结果表明,随着腐解时间的延长,各处理的腐解率不断增大,在其他条件一致的前提下,添加微生物的处理平均腐解率大于未添加微生物的处理,秸秆长度为 1 cm 的处理平均腐解率大于秸秆长度为 3 cm 的处理;粗纤维含量的变化总体趋势是下降,其他条件一致的前提下,秸秆长度为 1 cm 的处理粗纤维含量小于秸秆长度为 3 cm 的处理,在添加物微生物的处理中秸秆长度为 1 cm 且 C/N=25 的处理粗纤维平均含量最小,其含量为 31.57%;其他条件一致的前提下,秸秆长度为 1 cm 的处理全钾含量大于秸秆长度为 3 cm 的处理。

关键词:玉米秸秆;分解;C/N 比;粗纤维;全钾;腐解率

中图分类号: S182;S141.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)04-0183-04

Characteristics of decomposition and variation of material composition of corn straw in laboratory simulation experiment

ZHAO Cong^{1,2}, CAO Ying-fei^{1,2}, LIU Ke^{1,2}, XUE Quan-hong^{1,2}, LU Jia-long^{1,2}

(1. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Key Laboratory of Plant Nutrition and Agri - Environment in Northwest Region, Ministry of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The changes of decomposition rate, crude fiber and total potassium content of corn straw were studied in a laboratory simulation experiment. The results showed that the decomposition rate of corn straw in all treatments exhibited an increasing trend along with the extension of time. When other conditions were coincident, the mean decomposing rate in the treatments incorporated with microbial agents was higher than that in the treatments without microbial agents, and the mean decomposing rate in the treatments with the straw length of 1 cm was higher than that in the treatments with the straw length of 3 cm. The general trend of crude fiber of all treatments was declining during the decay period. When other conditions were coincident, the mean content of crude fiber in the treatments with microbial agents was lower than that in the treatments without microbial agents, and it was the lowest (31.57%) in the treatment with microbial agents in which C/N ratio was 25 and the straw length was 1 cm. When other conditions were coincident, the content of total potassium in the treatments with the straw length of 1cm was higher than that in the treatments with the straw length of 3 cm.

Keywords: corn straw; decomposition; C/N ratio; crude fiber; total potassium; decomposition rate

农作物秸秆是农业生产的副产品,也是农田生产系统中一项重要的生物资源。中国是农业大国,秸秆资源丰富,年产量为 7 亿 t^[1-2],占世界秸秆总产量的 20%~30%^[3],所以对中国这样一个能源短缺、人口众多、经济持续发展的大国,推动农业秸秆的高效利用,具有十分重要的意义^[4-5]。植物残体的分解,不仅取决于本身的化学组成和状态,而且取决于分解时的环境条件、水热状况、土壤质地、粘粒矿物组成、pH 值等^[6-8]。王文山等^[9]研究了北京潮褐土中残茬的分解特征,结果表明植物残体的化学组成不同、C/N 比不同,其分解速率和腐殖化系数不同。玉米秸、玉米根含易分解成分多,C/N 比值窄,

收稿日期:2013-08-05
基金项目:陕西省科技统筹创新工程计划项目“农作物秸秆增能效应及应用途径研究”(2011K01-48);中国农科院土壤质量重点实验室开放基金(09-01)
作者简介:赵 聪(1987—),女,山东寿光人,硕士,主要从事土壤化学研究。E-mail: caomeizidacong@126.com。
通信作者:吕家珑,教授,博士生导师,主要从事土壤化学与环境化学教学和研究。E-mail: ljll@nwsuaf.edu.cn。

因而分解速度快,腐殖化系数小,而小麦秸、小麦根、谷子秸、谷子根含难分解成分多,C/N 比值宽,因而分解慢,腐殖化系数较高。本研究主要是在室内模拟条件下,控制不同的环境条件,研究玉米秸秆的腐解情况及物质组成的变化趋势。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验采取室内模拟恒温培养方法。

供试秸秆:2012 年 10 月收获的玉米秸秆。秸秆养分含量为:有机碳 425.7 g·kg⁻¹,全氮 9.77 g·kg⁻¹,C/N 为 43.57,全钾 20.32 g·kg⁻¹,粗纤维 27.31%。

将收获到的新鲜玉米秸秆分别剪成 1 cm 和 3 cm,茎叶按自然比例混合均匀。试验设置为秸秆长度为 1 cm 和 3 cm 2 个水平;添加微生物(黑曲霉菌

悬液 8 ml)和不添加微生物(加等量蒸馏水)2 个水平;添加尿素调 C/N 至 15、25 和 40 三个水平(表 1),采用完全组合设计,共 12 个处理,重复 16 次。每个样品称取秸秆鲜样 30 g 左右,保持通气的条件下,在恒温培养箱中于 28±1℃ 的温度下培养 70 d,并适时加水保持秸秆具有一定的湿度。

1.2 样品取样

样品共分 8 批取样(第 5、10、20、30、40、50、60、70 天),每批每个处理取两个重复,将取出的样品在 60℃ 下烘干并称重。

取样时间:样品开始培养时间 2012 年 11 月 10 日,具体取样安排详见表 2。

1.3 测定方法

腐解率:差减法;全钾含量:火焰光度计法;粗纤维:瑞典 Teactor 纤维系列仪测定。

表 1 玉米秸秆处理方案
Table 1 Treatments of corn straw

处理编号 Treatment code	秸秆长度/cm Straw length	C/N	菌悬液/ml Bacterial suspension	重复编号 Replication code
处理 1 Treatment 1	1	15		1-1, 1-2, 1-3…….1-16
处理 2 Treatment 2	1	15	8	2-1, 2-2, 2-3,…….2-16
处理 3 Treatment 3	1	25		3-1, 3-2, 3-3,…….3-16
处理 4 Treatment 4	1	25	8	4-1, 4-2, 4-3…….4-16
处理 5 Treatment 5	1	40		5-1, 5-2, 5-3…….5-16
处理 6 Treatment 6	1	40	8	6-1, 6-2, 6-3…….6-16
处理 7 Treatment 7	3	15		7-1, 7-2, 7-3…….7-16
处理 8 Treatment 8	3	15	8	8-1, 8-2, 8-3…….8-16
处理 9 Treatment 9	3	25		9-1, 9-2, 9-3…….9-16
处理 10 Treatment 10	3	25	8	10-1, 10-2, 10-3…….10-16
处理 11 Treatment 11	3	40		11-1, 11-2, 11-3…….11-16
处理 12 Treatment 12	3	40	8	12-1, 12-2, 12-3…….12-16

表 2 玉米秸秆取样安排
Table 2 Sampling arrangements of corn straw

取样次数 Sampling time	取样时间 Sampling date(Y-M-d)	取样编号 Sample code
第一次 1st time	2012-11-15	1-1, 1-2, …….,12-1, 12-2
第二次 2nd time	2012-11-20	1-3, 1-4, …….,12-3, 12-4
第三次 3rd time	2012-11-30	1-5, 1-6, …….,12-5, 12-6
第四次 4th time	2012-12-10	1-7, 1-8, …….,12-7, 12-8
第五次 5th time	2012-12-20	1-9, 1-10, …….,12-9, 12-10
第六次 6th time	2012-12-30	1-11, 1-12, …….,12-11, 12-12
第七次 7th time	2013-01-09	1-13, 1-14, …….,12-13, 12-14
第八次 8th time	2013-01-19	1-15, 1-16, …….,12-15, 12-16

2 结果与分析

2.1 不同腐解期玉米秸秆的腐解率

玉米秸秆不同腐解期的腐解率如表 3 所示,随

着腐解时间的延长,各处理的腐解率不断增大,且不同处理腐解基本完成的时间不同。对于添加了微生物菌剂的处理 4、6、10 而言,因微生物的分解作用,腐解完成的时间均在第 60 天,而同样是添加了微生

物菌剂的处理 2、8,腐解率最大值出现在第 70 天,可能是由于 C/N 小,微生物活动不够强烈的原因;对于没有添加微生物菌剂的处理 1、3、5、7、9、11 来说,腐解率最大值出现在第 70 天;当其它条件一致时,秸秆长度为 1 cm 的处理各时期的腐解率大于秸秆长度为 3 cm 的腐解率,可能是由于秸秆的长度越短,与微生物的接触面积大,越有利于对微生物玉米

秸秆的分解。以上 12 个处理中,腐解率最高出现在处理 4 的第 60 天时,腐解率为 47.28%,可能是因为 C/N = 25 比较适合黑曲霉的繁殖和生长。每个处理的平均腐解率的关系为:加微生物菌剂的处理 > 未加微生物菌剂处理,且秸秆为 1 cm 的处理 > 秸秆为 3 cm 的处理。

表 3 不同腐解期玉米秸秆腐解率的变化
Table 3 Changes of decomposing rate in various decaying periods for corn straw under different treatments

腐解时间 Decaying days/d	腐解率 Decomposing rate/%											
	处理 1 Treatment 1	处理 2 Treatment 2	处理 3 Treatment 3	处理 4 Treatment 4	处理 5 Treatment 5	处理 6 Treatment 6	处理 7 Treatment 7	处理 8 Treatment 8	处理 9 Treatment 9	处理 10 Treatment 10	处理 11 Treatment 11	处理 12 Treatment 12
5	14.80	13.17	15.20	13.03	14.45	14.75	12.07	11.55	12.01	13.97	12.12	13.15
10	18.76	20.39	19.33	23.50	21.69	24.60	14.24	16.49	18.68	19.87	21.85	19.65
20	25.85	31.01	32.55	34.77	36.96	36.23	25.87	30.32	26.26	24.84	29.26	32.31
30	32.64	33.46	34.98	36.58	38.04	39.16	27.98	32.64	33.84	34.29	31.23	33.50
40	38.82	35.85	39.04	42.19	41.16	42.32	31.36	34.44	36.63	39.43	34.33	38.68
50	44.24	44.00	42.23	44.57	43.28	43.85	34.36	37.50	39.48	42.67	36.34	42.63
60	43.63	45.12	45.27	47.28	44.64	46.64	38.31	42.31	41.17	45.38	41.58	44.76
70	44.74	45.22	45.10	47.10	45.37	46.54	39.97	42.47	42.69	45.30	43.93	44.50
平均腐解率/% Mean decomposing rate	32.94	33.53	34.21	36.13	35.70	36.76	28.02	30.97	31.35	33.22	31.33	33.65

2.2 不同腐解期玉米秸秆的粗纤维含量变化

图 1 为不同处理玉米秸秆在腐解期内的粗纤维含量的变化情况。12 个处理总体走势是随着时间的延长,粗纤维含量降低;在 70 d 的腐解期内,除处理 1 和处理 7 之外,其它 10 个处理的第一个峰值出现在第 10 天,而处理 1 和处理 7 延迟了 10 d,可能是由于 C/N 比较低且微生物数量少的原因;秸秆长度和 C/N 相同时,在整个腐解期内,添加微生物的

处理比未添加微生物的处理粗纤维含量低,这是因为曲霉是产纤维素酶最高的菌种之一^[10],分解了较多的纤维素,导致了粗纤维含量降低。在 70 d 腐解期内,粗纤维含量的平均值最大的是处理 11,含量为 34.51%,最小值为处理 4,含量为 31.57%,说明 C/N = 25 最适合黑曲霉的生长;其他条件一致的前提下,秸秆长度为 1cm 的处理粗纤维含量小于秸秆长度为 3 cm 的处理,可见秸秆越细碎,分解作用越强。

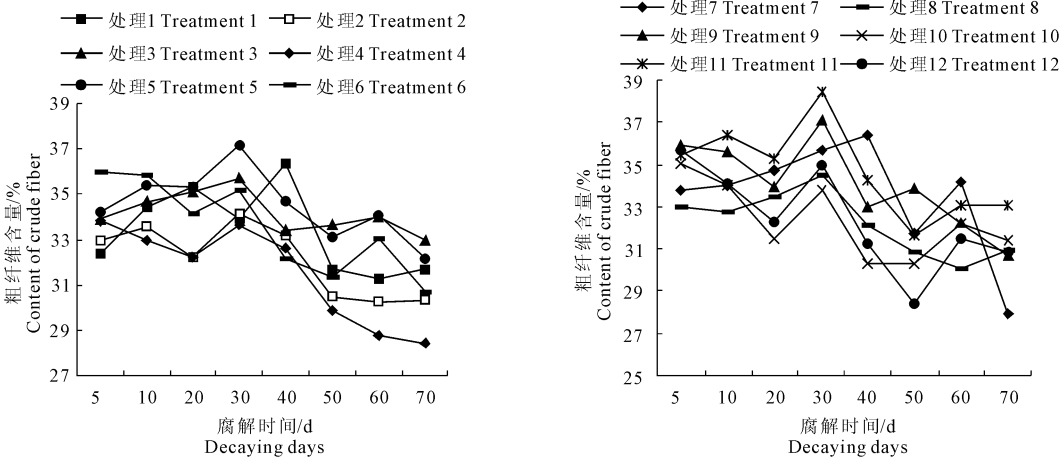
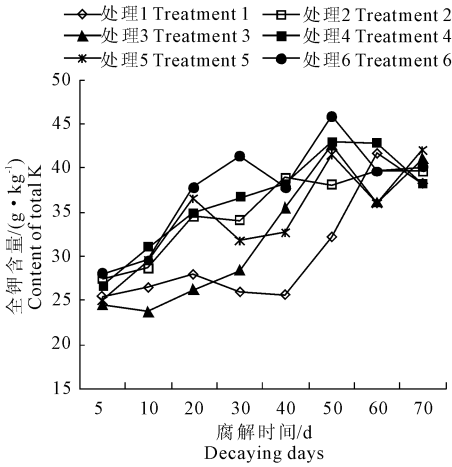


图 1 不同腐解期不同处理玉米秸秆的粗纤维含量变化
Fig.1 Changes of crude fiber in various decaying periods for corn straw under different treatments

2.3 不同腐解期玉米秸秆全钾含量的变化

图 2 为不同处理玉米秸秆在腐解期内全钾含量的变化。各处理全钾整体的变化趋势是上升的。各处理在腐解期内全钾含量的平均值具有以下特点：



同等条件下,秸秆为 1 cm 的处理 > 秸秆为 3 cm 的处理;当秸秆长度为 1 cm 的处理中,C/N 越高,全钾的越高,秸秆长度为 3 cm 的处理也存在这样的关系。

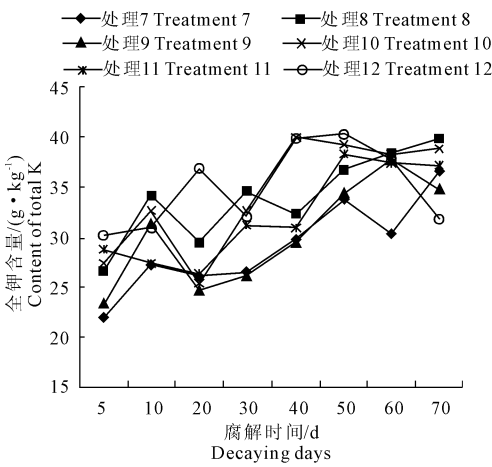


图 2 不同腐解期不同处理玉米秸秆全钾含量的变化

Fig.2 Changes of total K in various decaying periods for corn straw under different treatments

3 结 论

- 1) 不同处理在腐解期内的腐解程度是不同, C/N = 15 的处理 1 和 7 因其 C/N 较小,腐解率达到最大值要比其它处理晚 10 天;且保持 C/N 和是否添加微生物的条件一致时,秸秆越细碎,腐解率越大;对各处理的腐解率平均值而言,C/N = 25 的处理腐解率最高,即 C/N = 25 最适合黑曲霉的繁殖。
- 2) 腐解期内粗纤维的总体趋势是降低的;因黑曲霉具有分解纤维素的功能,当秸秆长度和 C/N 相同时,添加微生物的处理比未添加微生物的处理的粗纤维含量低;秸秆越细碎,各处理粗纤维含量的平均值越小。
- 3) 在腐解的过程中,同等条件下,秸秆长度为 1 cm 的处理全钾含量的平均值大于秸秆长度为 3 cm 的处理。

参 考 文 献:

[1] 王 丽,李雪铭,许 妍.中国大陆秸秆露天焚烧的经济损失研究[J].干旱区资源与环境,2008,22(2):170-175.

[2] 汪海波,秦元萍,余 康.我国农作物秸秆资源的分布、利用与开发策略[J].国土与自然资源研究,2008,(2):92-93.

[3] 高祥照,马文奇,马常宝,等.中国作物秸秆资源利用现状分析[J].华中农业大学学报,2002,21(3):242-247.

[4] Klemm D, Heublein B, Fink H - P, et al. Cellulose : Fascinating biopolymer and sustainable raw material[J]. Angewandte Chemie-International Edition, 2005,44(22):3358-3393.

[5] Ragauskas A J, Williams C K, Davison B H, et al. The path forward for biofuels and biomaterials[J]. Science, 2006, 311 (5760): 484-489.

[6] Jenkinson D S. Studies on the decomposition of plant material in soil. I . Losses of carbon from ¹⁴C labeled ryegrass incubated with soil in the field[J]. Journal of Soil Science,1965,16(1):104-115.

[7] Jenkinson D S. Studies on the decomposition of plant material in soil. V . The effects of plant cover and soil types on the loss of carbon from ¹⁴C labeled ryegrass decomposing under field conditions[J]. Journal of Soil Science, 1977,28:424-434.

[8] Jenny H Gessel. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperature and tropic regions[J]. Soil Sci, 1949, 68: 419-32.

[9] 王文山,张美荣,蔡典雄,等.植物残体在北京潮褐土中的分解特征[J].土壤肥料,1986,5:29-33.

[10] Beguin P. Molecular biology of cellulose degradation[J]. Annu Rev Microbiol, 1990,44:219-248.